



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 22 939 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 28 B 11/24  
C 04 B 38/00

21 Aktenzeichen: 101 22 939.9  
22 Anmeldetag: 11. 5. 2001  
43 Offenlegungstag: 29. 11. 2001

DE 101 22 939 A 1

30 Unionspriorität:

P 140213/00 12. 05. 2000 JP  
P 227490/00 27. 07. 2000 JP  
P 139177/01 09. 05. 2001 JP

71 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

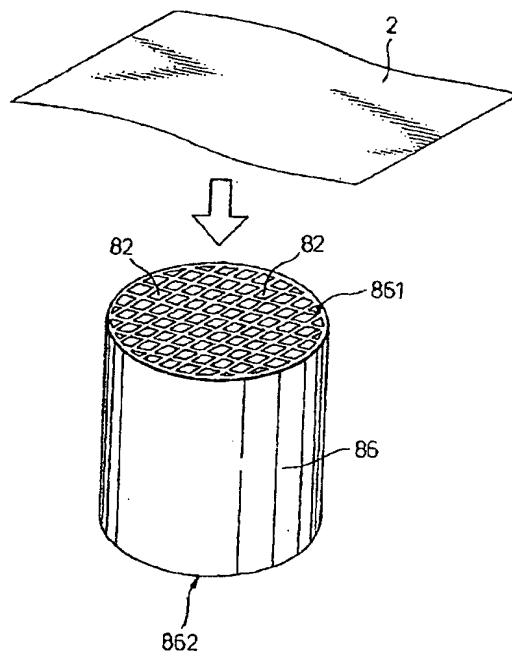
72 Erfinder:

Yamaguchi, Satoru, Kariya, Aichi, JP; Kanmura, Hitoshi, Kariya, Aichi, JP; Muto, Akinobu, Kariya, Aichi, JP; Tanida, Toshiaki, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur und Vorrichtung zum Ausbilden von Durchgangslöchern

57 Ein Verfahren zum Herstellen einer Wabenstruktur und eine bei der Herstellung der Wabenstruktur verwendete Durchgangslochausbildungsvorrichtung sind offenbart, wobei der Schritt zum Schließen eines Teils der Zellenden an einer Endfläche der Wabenstruktur rationalisiert ist. Beim Schließen eines Teils der Zellenden (82) an der Endfläche (861) eines Wabenstrukturkörpers (86) wird ein Film (2) an die Endfläche (861) des Wabenstrukturkörpers (86) so angebracht, dass er die Zellenden (82) bedeckt. Der Abschnitt des Films (2), der sich an den zu schließenden Zellenden (82) befindet, wird thermisch geschmolzen oder ausgebrannt, um dadurch Durchgangslöcher (20) auszubilden. Die Endfläche (861) wird in einen Schlamm getaucht, der ein Endflächenschließmaterial enthält, so dass das Eintreten des Schlammes in die Zellenden (82) durch die Durchgangslöcher (20) bewirkt wird. Danach wird der Schlamm gehärtet, während gleichzeitig der Harzfilm (2) entfernt wird.



DE 101 22 939 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur mit einigen geschlossenen Zellenden und auf eine Durchgangslochausbildungsvorrichtung, die bei dem Herstellungsprozess verwendet wird.

[0002] Wie dies in den Fig. 14(a) und 14(b) gezeigt ist, ist für eine Filterstruktur beispielsweise zum Einfangen von Partikelstoffen in dem Abgas eines Fahrzeugs die Form einer keramischen Wabenstruktur 8 vorgegeben, bei der viele Zellen 88 durch Trennwände 81 definiert sind, wobei die Enden der Zellen 88 abwechselnd mit einem Schließmaterial 830 geschlossen sind.

[0003] Wie dies in der Fig. 15 gezeigt ist, wird beim Herstellen der keramischen Wabenstruktur 8 mit dieser speziellen Form ein Wabenstrukturkörper 86 gefertigt, dessen beide Enden von jeder Zelle 88 offen sind, und ein Schließmaterial 830 (Fig. 14(a) und 14(b)) wird zum Schließen der offenen Zellenden eingefüllt.

[0004] Bei dem Stand der Technik wird der Prozess zum Schließen der Zellenden des Wabenstrukturkörpers 86 in der nachfolgend beschriebenen Art und Weise durchgeführt.

[0005] Wie dies in den Fig. 15(a) und 15(b) gezeigt ist, wird eine Endfläche des Wabenstrukturkörpers 86 durch ein Wachsblatt 91 bedeckt und gegen dieses gedrückt, um das Wachs 90 in die Enden der Zellen 88 zu füllen. Wie dies in der Fig. 15(c) gezeigt ist, wird dann das in die zu schließenden Zellenden gefüllte Wachs 90 unter Verwendung einer Lehre oder dergleichen manuell abgeschabt, um dadurch offene Zellenden 880 auszubilden.

[0006] Der Wabenstrukturkörper 86 wird in einen Schlamm 60 getaucht, der ein Endenschließmaterial enthält, wobei die mit dem Wachs 90 gefüllte Endfläche des Körpers 86 unten ist, so dass der Schlamm 60 in die Zellenden 88 eintritt, denen das Wachs 90 fehlt. Der Schlamm 60 wird dann getrocknet oder gebacken, während das Wachs 90 gleichzeitig entfernt wird. In dem Fall, bei dem der geschlossene Abschnitt 83 an den zwei Endflächen der Wabenstruktur auszubilden ist, wird der vorstehend genannte Prozess bis zu dem Eintauchen in den Schlamm für die andere Endfläche wiederholt.

[0007] Bei dem herkömmlichen Verfahren zum Herstellen einer vorstehend beschriebenen Wabenstruktur treten die folgenden Probleme auf.

[0008] Wie dies vorstehend beschrieben ist, beinhaltet insbesondere der Prozess zum Schließen der Zellenden viele komplizierte Schritte zum Entfernen des eingefüllten Wachses 90. Durch eine Verringerung der Dicke der Wabenstruktur und der Zellgröße wird es andererseits zunehmend schwieriger, das Wachs 90 manuell zu entfernen, wodurch sich die Anzahl der Schritte weiter erhöht.

[0009] Außerdem ist in dem Fall, bei dem der geschlossene Abschnitt 83 an den zwei Endflächen des Wabenstrukturkörpers 86 ausgebildet wird, der Prozess (Maskieren) zum Füllen des Wachses 90 und zum Entfernen eines Teils von diesem für jede der zwei Endflächen erforderlich. Unter allen Prozessen ist dies einer der Prozesse, bei denen eine Verbesserung zum Herstellen einer Wabenstruktur erforderlich ist.

[0010] Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der vorstehend beschriebenen Probleme des Stands der Technik gestaltet, und es wird ein Verfahren zum Herstellen einer Wabenstruktur und eine bei dem Herstellungsprozess verwendete Durchgangslochausbildungsvorrichtung vorgesehen, wobei die Schritte zum Schließen der Enden eines Teils der Zellen an zumindest einer Endfläche der Wabenstruktur verbessert werden können.

[0011] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Schritts zum Anbringen eines Harzfilmes an den Wabenstrukturkörper gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

5 [0012] Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Schritts zum Ausbilden von Durchgangslöchern gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0013] Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Zustands, bei dem gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel Durchgangslöcher und ein Umriss ausgebildet werden.

[0014] Fig. 4 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Schritts zum Eintauchen in einen Schlamm gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

15 [0015] Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern der Zellform der Wabenstruktur gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0016] Fig. 6 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern der Schritte bis zu dem Durchgangslochausbildungsschritt gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

20 [0017] Fig. 7 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern der Schritte bis zu dem Durchgangslochausbildungsschritt gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0018] Fig. 8 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern der Einteilung in Blöcke gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0019] Fig. 9 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Bereichs eines Blocks S1 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel.

[0020] Fig. 10 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Bereichs eines Blocks S2 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel.

35 [0021] Fig. 11(a) bis 11(d) zeigen schematische Ansichten zum Erläutern des Herstellungsprozesses gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei die Fig. 11(a) den Schritt zum Anbringen eines Harzfilmes an den Wabenstrukturkörper zeigt, die Fig. 11(b) den Schritt zum Ausbilden von Durchgangslöchern in den Harzfilm zeigt, die Fig. 11(c) den Schritt zum Anordnen des Maskierungspulvers zeigt und die Fig. 11(d) den Schritt zum Tränken der Zellenden mit dem Schlamm zeigt.

[0022] Fig. 12 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern eines Schritts zum Beschicken des Maskierungspulvers gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel.

[0023] Fig. 13 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern des Zustands, bei dem ein Maskenabschnitt 40 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel ausgebildet ist.

50 [0024] Fig. 14(a) und 14(b) zeigen schematische Ansichten zum Erläutern der herkömmlichen Wabenstruktur, wobei die Fig. 14(a) eine Schnittansicht zeigt und die Fig. 14(b) eine Vorderansicht zeigt.

[0025] Fig. 15(a) bis 15(d) zeigen schematische Ansichten zum Erläutern des Schritts zum Schließen der Zellenden gemäß dem Stand der Technik.

[0026] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, von der ein Teil der an einer Endfläche der Wabenstruktur befindlichen Zellenden geschlossen ist, wobei das Verfahren die Schritte zum Fertigen eines Wabenstrukturkörpers mit an den Endflächen offenen Zellenden und zum Schließen eines Teils der Zellenden an einer Endfläche des Wabenstrukturkörpers aufweist, wobei der Schritt zum Schließen der Zellenden Unterschritte zum Anbringen eines Films an die Endfläche des Wabenstrukturkörpers zum Bedecken zumindest eines Teils der Zellenden, zum Ausbilden von Durchgangslöchern durch thermisches Schmelzen oder

Ausbrennen des an den zu schließenden Zellenden befindlichen Films, zum Eintauchen der Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, wodurch der Schlamm durch die Durchgangslöcher in die Zellenden eintritt, und zum Härten des Schlammes beim gleichzeitigen Entfernen des Films aufweist.

[0027] Der bemerkenswerteste Punkt bei diesem Aspekt der Erfindung ist jener, dass der an der Endfläche angebrachte Film thermisch geschmolzen oder ausgebrannt wird, um die Durchgangslöcher auszubilden.

[0028] Der Film ist aus einem Harz geschaffen, der thermisch geschmolzen oder ausgebrannt werden kann. Es kann beispielsweise ein Film aus einem thermoplastischen synthetischen Harz verwendet werden. Verschiedene Verfahren zum Anbringen des Films können verwendet werden, einschließlich eines Verfahrens, das einen im Voraus mit einem Klebemittel überzogenen Klebefilm verwendet, ein Verfahren, bei dem ein Klebemittel an den Wabenstrukturkörper oder den Film bei dem Filmanbringungsschritt aufgetragen wird, oder ein Verfahren, bei dem der Film ohne jegliches Klebemittel schmelzgeschweißt wird.

[0029] Der das Endflächenschließmaterial enthaltende Schlamm kann durch einen Trocknungs- oder Backvorgang oder durch irgendeine beliebige andere Härtevorrichtung gehärtet werden.

[0030] Der Schritt zum Tränken der Zellenden mit dem Schlamm kann entweder vor oder nach dem Backen des Wabenstrukturkörpers ausgeführt werden. Je nachdem, ob dieser Schritt vor oder nach dem Backen des Wabenstrukturkörpers ausgeführt wird, werden vorzugsweise die Zusammensetzung des Schlammes, das Verfahren zum Härten des Schlammes etc. passend geändert.

[0031] Die Vorgehensweise und die Wirkungen von diesem Aspekt der Erfindung werden erläutert.

[0032] Gemäß diesem Aspekt der Erfindung wird der Film an einer Endfläche des Wabenstrukturkörpers angebracht, und dann werden die gewünschten Abschnitte des Films thermisch geschmolzen oder ausgebrannt, um Durchgangslöcher auszubilden. Daher entfällt der herkömmlich erforderliche Schritt zum Abschaben des gefüllten Wachses. Anders gesagt gibt es kein Objekt, das physikalisch entfernt werden muss, da die Durchgangslöcher in einfacher Weise durch ein Erwärmen der Abschnitte des Films ausgebildet werden, an denen die Durchgangslöcher auszubilden sind, und daher ist der Arbeitsgang stark vereinfacht.

[0033] Selbst in dem Fall, bei dem der Prozess wie bei dem Stand der Technik manuell ausgeführt wird, kann daher die Effizienz verglichen mit dem herkömmlichen Prozess zum Abschaben des in die Zellenden gefüllten Wachses merklich verbessert werden.

[0034] Nach dem Ausbilden der Durchgangslöcher wird die Endfläche in einen Schlamm getaucht, der ein Endflächenschließmaterial enthält, die Zellenden werden durch die Durchgangslöcher mit dem Schlamm getränkt, und dann wird der Schlamm gehärtet, um so die geschlossenen Abschnitte auszubilden. Auf diese Weise können die Zellenden einfach geschlossen werden.

[0035] Schließlich kann der Film zum Beispiel durch ein Ausbrennen entfernt werden. Dieser Arbeitsgang zum Entfernen ist sehr einfach. Zum Entfernen des Films kann Wärme gleichzeitig oder unabhängig von irgendeinem möglicherweise durchgeführten Trocknungs- oder Backvorgang des Schlammes aufgebracht werden.

[0036] Der Film kann alternativ mechanisch anstatt durch Ausbrennen entfernt werden.

[0037] Wie dies vorstehend beschrieben ist, kann bei dem Herstellungsverfahren gemäß diesem Aspekt der Erfindung der Schritt zum Schließen eines Teils der Zellenden an der

Endfläche des Wabenstrukturkörpers verbessert werden, was verglichen mit dem Stand der Technik zu einer merklichen Verbesserung der Produktivität der Wabenstruktur führt, von der ein Teil der Zellenden geschlossen ist.

[0038] Der bei diesem Aspekt der Erfindung verwendete Film kann aus einem natürlichen Material wie zum Beispiel Zellophan oder aus einem synthetisch hergestellten Material wie zum Beispiel PET (Polyethylenterephthalat), PP (Polypropylen) oder Polyester geschaffen sein.

[0039] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher in dem Film vorzugsweise durch ein Bestrahlen des Films mit einem Strahl mit hoher Energiedichte ausgebildet werden, um dadurch den Film thermisch zu schmelzen oder auszubrennen. In einem derartigen Fall kann der Film sofort durch die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte übertragene Wärme geschmolzen oder ausgebrannt werden, und die Durchgangslöcher können in einfacher Weise ausgebildet werden. Des weiteren kann die Position, die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte bestrahlt wird, mit einer derart hohen Genauigkeit gesteuert werden, dass die Positionen genau gesteuert werden können, an denen die Durchgangslöcher auszubilden sind, und die Automation kann auf vergleichsweise einfache Weise erreicht werden.

[0040] Außerdem können die Durchgangslöcher des Films dadurch ausgebildet werden, dass eine erwärmte Lehre in einen Kontakt mit dem Film gebracht wird und der Film geschmolzen oder ausgebrannt wird.

[0041] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei vorzugsweise ein transparenter oder lichtdurchlässiger Film verwendet wird und die Positionen, die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte zu bestrahlen sind, werden auf der Grundlage der Positionsinformationen der Zellenden bestimmt, die durch eine Bildverarbeitungseinrichtung zum visuellen Erkennen der Positionen der Zellenden durch den an der Endfläche des Wabenstrukturkörpers angebrachten Film hindurch gewonnen werden. Selbst in dem Fall, bei dem der keramische Wabenstrukturkörper unweigerlich im Laufe der Herstellung verformt wird, können die Positionen der Zellenden durch die Bildverarbeitungseinrichtung genau bestimmt werden, und die Positionen, die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte zu bestrahlen sind, können auf der Grundlage der so bestimmten Positionen der Zellenden bestimmt werden. Auf diese Weise kann die Genauigkeit des Schritts zum Ausbilden der Durchgangslöcher verbessert werden, und die Automatisierung desselben Schritts kann unterstützt werden.

[0042] Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte vorzugsweise ein Laserstrahl ist. In einem derartigen Fall kann das Licht mit einem zum Schmelzen oder Ausbrennen des Films erforderlichen Heizwert auf einfache Weise und genau erhalten werden. Außerdem ist die Feineinstellung einfach. Der Laserstrahl kann ein CO<sub>2</sub>-Laserstrahl, ein YAG-Laserstrahl oder ein beliebiger anderer Laserstrahl sein, der aus irgendeiner Laserquelle erzeugt wird.

[0043] Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, von der einige der an den Endflächen der keramischen Wabenstruktur befindlichen Zellenden geschlossen sind, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Vorbereiten eines Wabenstrukturkörpers, von dem alle Zellenden an den Endflächen offen sind; Anbringen eines transparenten oder lichtdurchlässigen Harzfilms derart, dass eine der Endflächen des Wabenstrukt-

urkörpers bedeckt ist;  
 Ausbilden von Durchgangslöchern durch ein thermisches Schmelzen oder Ausbrennen der Harzfilmabschnitte, die sich an den zu schließenden Zellenden befinden;  
 Anordnen des Wabenstrukturkörpers an einen Sockel, wobei die Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm oben ist und die andere Endfläche unten ist;  
 Beschicken des Maskierungspulvers durch die Durchgangslöcher des Harzfilmes und Anordnen des Maskierungspulvers an den Zellenden der anderen Endfläche;  
 Ausbilden von Maskenabschnitten durch Härten des angeordneten Maskierungspulvers;  
 Tränken jeder Endfläche mit einem Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, und ein Bewirken eines Eintretens des Schlamms in die Zellenden an der Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm durch die Durchgangslöcher und an der Endfläche mit den Maskenabschnitten durch Öffnungen, in denen die Maskenabschnitte fehlen; und Härten des Schlamms, während gleichzeitig der Harzfilm und die Maskenabschnitte beseitigt werden.

[0044] Der bemerkenswerteste Punkt von diesem Aspekt der Erfindung ist jener, dass der Prozess zum Maskieren der zwei Endflächen der Wabenstruktur so ausgeführt wird, dass ein Harzfilm an einer der Endflächen angebracht wird und als ein mit Durchgangslöchern ausgebildetes Maskenelement für eine der Endflächen verwendet wird, während er als ein Maskenelement für die andere Endfläche verwendet wird, die mit den Maskenabschnitten unter Verwendung des Maskierungspulvers ausgebildet wird.

[0045] Als der vorstehend genannte Harzfilm wird ein aus einem Harz geschaffener Film verwendet, das thermisch geschmolzen oder ausgebrannt werden kann. Zum Beispiel kann ein Film verwendet werden, der aus einem thermoplastischen synthetischen Harz geschaffen ist. Außerdem wird der Harzfilm durch irgendeines der verschiedenen Verfahren angebracht, einschließlich eines Verfahrens unter Verwendung eines Klebefilms, der einen im voraus mit einem Klebemittel überzogenen Harzfilm bildet, eines Verfahrens, bei dem ein Klebemittel an einen Wabenstrukturkörper oder an einen Harzfilm beim Anbringen aufgetragen wird, und eines Verfahrens, bei dem ein Harzfilm ohne jegliches Klebemittel geschweißt wird.

[0046] Es wird das Maskierungspulver verwendet, das gehärtet werden kann, nachdem es an den Zellenden angeordnet wurde. Das Härten kann durch irgendeines der verschiedenen Verfahren bewirkt werden, einschließlich eines Verfahrens, bei dem ein Teil des Pulvers oder das ganze Pulver durch Wärme geschmolzen und verfestigt wird, und eines Verfahrens, bei dem angrenzende Pulverpartikel durch eine chemische Reaktion verbunden werden.

[0047] Der das Endflächenschließmaterial enthaltende Schlamm kann durch einen Trocknungs- oder Backvorgang oder durch irgendeines der verschiedenen anderen Verfahren zum Härten gehärtet werden.

[0048] Der Schritt zum Bewirken, dass der Schlamm in die Zellenden eintritt, kann entweder vor oder nach dem Backen des Wabenstrukturkörpers ausgeführt werden. Je nachdem, ob dieser Schritt vor oder nach dem Backen des Wabenstrukturkörpers ausgeführt wird, wird vorzugsweise die Zusammensetzung und das Härteverfahren des Schlamms geändert.

[0049] Bei diesem Aspekt der Erfindung hat der Schritt zum Maskieren der Endflächen des Wabenstrukturkörpers einen Unterschritt zum Anbringen des Harzfilmes an eine der Endflächen und zum Ausbilden von Durchgangslöchern durch Schmelzen oder Ausbrennen der gewünschten Abschnitte des Harzfilms. Infolgedessen wird eine der Endflächen mit dem Harzfilm maskiert.

[0050] Die Durchgangslöcher werden in dem Harzfilm ausgebildet, indem der Harzfilm mit einem Strahl mit hoher Energiedichte bestrahlt wird, um so den Film zu schmelzen oder auszubrennen. Der Film kann sofort durch die von dem Strahl mit hoher Energiedichte übertragene Wärme geschmolzen oder ausgebrannt werden, und die Durchgangslöcher können auf einfache Weise ausgebildet werden. Des weiteren kann die Position der Bestrahlung mit dem Strahl mit hoher Energiedichte mit einer derart hohen Genauigkeit gesteuert werden, dass die Positionen der Durchgangslöcher genau gesteuert werden können, und die Automatisierung kann vergleichsweise einfach erreicht werden.

[0051] Dann wird die andere Endfläche unter Anwendung des vorstehend beschriebenen Verfahrens zum Maskieren des Harzfilms maskiert.

[0052] Wie dies vorstehend beschrieben ist, wird insbesondere der Wabenstrukturkörper an einen Sockel angeordnet, wobei die Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm oben ist und die andere Endfläche unten ist. Infolgedessen werden die Zellenden der anderen unten liegenden Endfläche durch den Sockel geschlossen. In diesem Zustand wird das Maskierungspulver durch die Durchgangslöcher des Harzfilms beschickt. Das Maskierungspulver wird an den Zellenden der anderen Endfläche angeordnet. Dann wird das so angeordnete Maskierungspulver gehärtet, um Maskenabschnitte auszubilden.

[0053] Danach werden die zwei Endflächen mit einem Schlamm getränkt, der ein Endflächenschließmaterial enthält. Dadurch tritt der Schlamm in die Zellenden an der Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm durch die Durchgangslöcher ein. Außerdem tritt der Schlamm in die Zellenden an der Endfläche mit den Maskenabschnitten durch die Öffnungen ein, in denen die Maskenabschnitte fehlen.

[0054] Durch das Härten des Schlamms und das gleichzeitige Entfernen des Harzfilmes und der Maskenabschnitte wird die gewünschte keramische Wabenstruktur erhalten.

[0055] Der Harzfilm und die Maskenabschnitte können schließlich beispielsweise durch ein Ausbrennen entfernt werden. In solch einem Fall ist der Arbeitsgang zum Entfernen sehr einfach. Zum Entfernen des Harzfilms oder dergleichen kann Wärme gleichzeitig mit oder unabhängig von dem Prozess zum Trocknen oder Backen des Schlamms aufgebracht werden, sofern dieser ausgeführt wird.

[0056] Außerdem können der Harzfilm und die Maskenabschnitte mechanisch anstatt durch das Ausbrennen getrennt werden.

[0057] Nun werden die Vorgehensweise und die Wirkung von diesem Aspekt der Erfindung erläutert.

[0058] Bei diesem Aspekt der Erfindung erfordert der Schritt zum Maskieren der zwei Endflächen des Wabenstrukturkörpers anders als bei dem Stand der Technik kein Arbeitsgang zum Füllen des Wachses und zum Abschaben eines Teils des Wachses. Insbesondere können an einer Endfläche die Durchgangslöcher einfach durch ein Erwärmen der Abschnitte des Harzfilmes ausgebildet werden, an denen die Durchgangslöcher auszubilden sind, und bei dem stark vereinfachten Prozess muss nichts entfernt werden. An der anderen Endfläche kann das Maskierungspulver in einfacher Weise nur an den Stellen beschickt werden, die unter Verwendung des Harzfilms maskiert werden sollen, und daher können die Maskenabschnitte sehr einfach ausgebildet werden.

[0059] Infolgedessen kann der Maskierungsprozess gegenüber dem Stand der Technik merklich verbessert werden, indem die Arbeitszeit, die Anzahl der Schritte und die Produktionskosten reduziert werden.

[0060] Außerdem kann bei diesem Aspekt der Erfindung

der Prozess zum Ausbilden der Durchgangslöcher in dem Harzfilm unter Verwendung einer Maschine zum weiteren Verbessern der Arbeitseffizienz automatisiert werden.

[0061] Des weiteren wird das Maskierungspulver genau an den gewünschten Positionen durch die Durchgangslöcher des Harzfilmes beschickt, ohne dass fälschlicherweise die zwei Enden einer gegebenen Zelle maskiert werden. Somit kann eine Wabenstruktur mit hoher Qualität produziert werden.

[0062] Dieser Aspekt der Erfindung kann somit ein Verfahren zum Herstellen einer Wabenstruktur vorsehen, bei dem der Prozess zum Schließen eines Teils der Zellenden der Endflächen der Wabenstruktur verbessert ist.

[0063] Der bei diesem Aspekt der Erfindung verwendete Harzfilm kann entweder ein natürliches Material wie zum Beispiel Zellophan oder ein synthetisches Material wie zum Beispiel PET (Polyethylenterephthalat), PP (Polypropylen) oder Polyester sein.

[0064] Gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte zu bestrahlenden Positionen vorzugsweise auf der Grundlage der Positionsinformationen der Zellenden bestimmt werden, die unter Verwendung einer Bildverarbeitungseinrichtung zum visuellen Erkennen der Positionen der Zellenden durch den an den Endflächen angebrachten Harzfilm hindurch gewonnen werden. Selbst in dem Fall, bei dem der keramische Wabenstrukturkörper unweigerlich im Laufe der Herstellung verformt wird, können die Positionen der Zellenden durch die Bildverarbeitungseinrichtung genau bestimmt werden, und die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte zu bestrahlenden Positionen können auf der Grundlage der so bestimmten Positionen der Zellenden bestimmt werden. Daher ist die Genauigkeit des Schritts zum Ausbilden der Durchgangslöcher verbessert, und gleichzeitig kann eine Automatisierung unterstützt werden.

[0065] Gemäß einem siebten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte vorzugsweise ein Laserstrahl ist. In solch einem Fall kann ein Licht mit einem zum Schmelzen oder Ausbrennen des Films erforderlichen Heizwert einfach und genau erhalten werden. Außerdem ist die Feineinstellung einfach. Der Laserstrahl kann ein CO<sub>2</sub>-Laserstrahl, ein YAG-Laserstrahl oder ein beliebiger anderer Laserstrahl sein, der aus irgendeiner Laserquelle erzeugt wird.

[0066] Gemäß einem achten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei das Maskierungspulver vorzugsweise durch Wärme härtendes Harzpulver enthält. In solch einem Fall kann das durch Wärme härtende Harzpulver nach dem Anordnen des Maskierungspulvers an den Zellenden der anderen Endfläche gehärtet werden. Auf diese Weise können die Maskenabschnitte durch ein Härten des Maskierungspulvers einfach ausgebildet werden.

[0067] Das durch Wärme härtende Harzpulver kann ein Epoxidharz, Phenol, Melamin, etc. sein.

[0068] Gemäß einem neunten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei das Maskierungspulver vorzugsweise Harzpulver mit einem anderen Schmelzpunkt als das durch Wärme härtende Harzpulver enthält. In solch einem Fall wird während des Prozesses zum Härten des Maskierungspulvers eine Harzpulversorte (das durch Wärme härtende Harzpulver oder das Harzpulver mit einem anderen Schmelzpunkt) geschmolzen, während die andere Harzpulversorte einen festen Zustand beibehält. Infolgedessen wird das feste Harzpulver gleichmäßig für eine verbesserte

Gleichmäßigkeit der Maskenabschnitte verteilt.

[0069] Das vorstehend erwähnte Harzpulver mit einem anderen Schmelzpunkt kann entweder ein durch Wärme härtendes Harzpulver oder ein thermoplastisches Harzpulver sein. Das thermoplastische Harzpulver kann Polyethylenpulver, Polypropylen oder Polystyrol sein.

[0070] Gemäß einem zehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei das Maskierungspulver vorzugsweise ein Schäummittel enthält. In solch einem Fall kann durch ein Schäumen zwischen den Partikeln der durch Wärme härtenden Harzpartikel in dem Zeitraum des Härtens des Maskierungspulvers ein Raum ausgebildet werden, und Zwischenräume, die sonst um jeden Maskenabschnitt herum vorhanden sein könnten, können durch das Ausdehnen des Volumens der Maskenabschnitte vollständig beseitigt werden. Ein spezifisches Beispiel des Schäummittels ist Microsphere (Handelsname).

[0071] Gemäß einem elften Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei das Maskierungspulver vorzugsweise einen Fluiditätsverstärker enthält, um die Fluidität in dem Zeitraum des Beschickens des Maskierungspulvers zu verstärken. In solch einem Fall kann das beschickte Maskierungspulver mit einer vergleichsweise hohen Dichte angeordnet werden, wodurch es einfach ist, eine hohe Verdichtung bei dem nachfolgenden Härten zu gewinnen. Ein spezifisches Beispiel des Fluiditätsverstärkers ist ein oberflächenaktiver Stoff mit einer Oberflächenschmierungswirkung oder ein oberflächenaktiver Stoff mit einer Funktion zum Verhindern einer Oberflächenladung.

[0072] Gemäß einem zwölften Aspekt der Erfindung ist eine Durchgangslöchausbildungsvorrichtung zum Ausbilden von Durchgangslöchern an den gewünschten Abschnitten der Zellenden in einem transparenten oder lichtdurchlässigen Film vorgesehen, der zum Bedecken zumindest eines Teils der offenen Zellenden an einer Endfläche einer Wabenstruktur angebracht ist, wobei die Vorrichtung eine Bildverarbeitungseinrichtung zum Gewinnen der Positionsinformationen durch ein visuelles Erkennen der Positionen der Zellenden durch den an der Endfläche angebrachten Film hindurch, eine Wärmestrahleranlage zum Ausstrahlen eines Strahls mit hoher Energiedichte auf den Film und eine Steuereinrichtung zum Bestimmen der Bestrahlungspositionen mit dem Strahl mit hoher Energiedichte auf der Grundlage der Positionsinformationsabgabe von der Bildverarbeitungseinrichtung zum Betreiben der Wärmebestrahlereinrichtung aufweist.

[0073] Mit der Durchgangslöchausbildungsvorrichtung gemäß diesem Aspekt der Erfindung kann der Strahl mit hoher Energiedichte entsprechend den Positionsinformationen der Zellenden genau ausgestrahlt werden, die durch die Bildverarbeitungseinrichtung gewonnen werden. Unter Verwendung dieser Durchgangslöchausbildungsvorrichtung kann daher der Schritt zum Schließen eines Teils der Zellenden gegenüber dem Stand der Technik beim Herstellen der Wabenstruktur merklich verbessert werden.

[0074] Gemäß einem dreizehnten Aspekt der Erfindung ist eine Durchgangslöchausbildungsvorrichtung vorgesehen, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte vorzugsweise ein Laserstrahl wie bei dem vorstehend erwähnten Fall ist.

[0075] Gemäß einem vierzehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, von der ein Teil der Zellenden an einer Endfläche der keramischen Wabenstruktur geschlossen ist, wobei der Prozess zum Schließen eines Teils der Zellenden einer Endfläche eines Wabenstrukturkörpers, der an der Endfläche mit offenen Zellenden hergestellt ist, die folgen-

den Schritte aufweist:

Gewinnen der Positionsinformationen der Zellenden unter Verwendung einer Bildverarbeitungseinrichtung zum Erkennen der Positionen der Zellenden;

Anbringen eines Films an die Endfläche des Wabenstrukturkörpers derart, dass zumindest ein Teil der Zellenden be-

deckt ist;  
Ausbilden von Durchgangslöchern durch thermisches Schmelzen oder Ausbrennen der an den zu schließenden Zellenden befindlichen Abschnitte des Films auf der Grundlage der Positionsinformationen;

Eintauchen der Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, und Bewirken, dass der Schlamm in die Zellenden durch die Durchgangslöcher eintritt; und

Härten des Schlammes, während gleichzeitig der Film entfernt wird.

**[0076]** Bei dem Verfahren gemäß diesem Aspekt der Erfindung werden die Positionsinformationen der Zellenden an einer Endfläche vor dem Anbringen des Films an die Endfläche gewonnen. Nach dem Anbringen des Films an die Endfläche werden Durchgangslöcher in dem Film in Übereinstimmung mit den gewonnenen Positionsinformationen ausgebildet. Während des Zeitraums des Gewinnens der Positionsinformationen der Zellenden bedeckt kein Film die Zellenden, und daher können eindeutige Bilddaten und sehr genaue Positionsinformationen gewonnen werden. Angesichts der Tatsache, dass der Film nachfolgend angebracht werden kann, ist es außerdem nicht erforderlich, dass der Film transparent oder lichtdurchlässig ist, und es kann ein lichtundurchlässiger Film verwendet werden.

**[0077]** Gemäß einem fünfzehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, von der ein Teil der Zellenden an einer ihrer Endflächen geschlossen ist, wobei der Prozess zum Schließen eines Teils der Zellenden an einer Endfläche der Wabenstruktur, die mit offenen Zellenden an der Endfläche hergestellt ist, Schritte zum Gewinnen der Positionsinformationen der Zellenden unter Verwendung einer Bildverarbeitungseinrichtung zum Erkennen der Positionen der Zellenden, zum Ausbilden von Durchgangslöchern durch thermisches Schmelzen oder Ausbrennen von vorbestimmten Abschnitten des Films, der zum Bedecken zumindest eines Teils der Zellenden vorbereitet ist und sich an den zu schließenden Zellenden befindet, auf der Grundlage der Positionsinformationen, zum Anbringen eines Films an die Endfläche der Wabenstruktur, zum Anordnen der Durchgangslöcher an den zu schließenden Zellenden, zum Eintauchen der Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, und zum Härten des Schlammes beim gleichzeitigen Entfernen des Films aufweist.

**[0078]** Bei diesem Aspekt der Erfindung werden die Positionsinformationen der Zellenden an einer Endfläche vor dem Anbringen des Films an die bestimmte Endfläche gewonnen. Des weiteren werden vor dem Anbringen des Films an die Endfläche die Durchgangslöcher in dem Film auf der Grundlage der Positionsinformationen ausgebildet. In diesem Fall kann daher der Prozess zum Ausbilden von Durchgangslöchern in dem Film für den Film getrennt ausgeführt werden. Somit ist die Möglichkeit ausgeschlossen, dass der Wabenstrukturkörper oder seine andere Endfläche in dem Zeitraum beim Ausbilden der Durchgangslöcher ungünstig beeinflusst wird, wodurch die Herstellbarkeit einer keramischen Wabenstruktur verbessert ist.

**[0079]** Gemäß einem sechzehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher des Films vorzugsweise durch ein Bestrahlen mit einem Strahl mit ho-

her Energiedichte auf den Film ausgebildet werden, wodurch der Film geschmolzen oder ausgebrannt wird. Infolgedessen können die Positionen, an denen die Durchgangslöcher ausgebildet werden, wie bei dem vorherigen Fall genau gesteuert werden. Außerdem kann der Prozess zum Ausbilden der Durchgangslöcher vergleichsweise einfach automatisiert werden.

**[0080]** Gemäß einem siebzehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte vorzugsweise ein Laserstrahl ist. In diesem Fall können die Positionen, die mit dem Laserstrahl zu bestrahlen sind, und dessen Heizwert mit hoher Genauigkeit gesteuert werden, und daher kann die Genauigkeit beim Ausbilden der Durchgangslöcher verbessert werden.

**[0081]** Gemäß einem achtzehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher in dem Film durch ein Anordnen einer erwärmten Lehre in einen Kontakt mit dem Film und durch ein Schmelzen oder Ausbrennen des Films ausgebildet werden. In solch einem Fall kann eine Vorrichtung wie zum Beispiel eine Lehre mit einer Funktion ähnlich eines Lötkolbens verwendet werden, die verglichen mit der Strahlereinrichtung eines energiereichen Strahls relativ einfach ist, während gleichzeitig die Aufbaukosten reduziert sind.

**[0082]** Gemäß einem neunzehnten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Größe von jedem Durchgangslöcher, das in dem an den Zellenden angebrachten Film ausgebildet ist, vorzugsweise entsprechend den Öffnungsflächen der Zellenden geändert wird. Insbesondere ist die Öffnungsfläche der zu den Endflächen des Wabenstrukturkörpers offenen Zellenden nicht notwendigerweise gleich, sondern sie variiert etwas von einem Zellende zu einem anderen. Insbesondere haben die Zellenden, die mit der äußeren Umfangskante der Endfläche in Kontakt sind, häufig eine kleinere Öffnungsfläche. In dem Fall, bei dem die Öffnungsflächen variieren, wie dies vorstehend beschrieben ist, ändert sich die Größe von jedem Durchgangslöcher in Übereinstimmung mit dessen Öffnungsfläche. Insbesondere wird ein großes Durchgangslöcher für eine große Öffnungsfläche ausgebildet und umgekehrt. Infolgedessen kann das Eintreten einer angemessenen Schlammmenge in Übereinstimmung mit der Öffnungsfläche bewirkt werden, und die Dickenabweichung zwischen den geschlossenen Abschnitten kann reduziert werden.

**[0083]** Die Öffnungsfläche und die Größe der Durchgangslöcher kann proportional zueinander sein. Außerdem kann der Wert der Öffnungsfläche in vorbestimmte Bereiche segmentiert werden, um dadurch Gruppen auszubilden, in denen die Größe des Durchgangslöcher jeweils durch ein Festlegen auf einen konstanten Wert bestimmt wird. Es können auch andere Verfahren angewendet werden.

**[0084]** Gemäß einem zwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher vorzugsweise im wesentlichen als ein Kreis um den Schwerpunkt der Öffnungsfläche von jedem Zellende herum ausgebildet werden. In solch einem Fall kann eine unausgeglichene Anordnung des Schlammes bei den nachfolgenden Schritten unterdrückt werden, der durch die Durchgangslöcher eintritt.

**[0085]** Gemäß einem einundzwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei der Film ein Harzfilm oder ein Wachsblatt sein kann. Wie dies vorstehend beschrieben ist, kann der Harzfilm zum Beispiel aus einem thermoplastischen synthetischen Harz geschaffen sein. Das

Wachsblatt kann andererseits aus einem Wachs einer Parafingruppe geschaffen sein.

**[0086]** Gemäß einem zweiundzwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher vorzugsweise durch Nutzung eines Strahls mit hoher Energiedichte derart ausgebildet werden, dass der Strahl mit hoher Energiedichte zunächst an die Mitte von jedem auszubildenden Durchgangsloch gestrahlt wird und der Durchmesser des Durchgangslochs progressiv auf die gewünschte Größe vergrößert wird, während die Position der Bestrahlung spiralförmig geändert wird.

**[0087]** In diesem Fall können die Durchgangslöcher ohne irgendeinen Rückstand des entfernten Films sauber ausgebildet werden. Außerdem hat der in diesem Fall ausgestrahlte Strahl mit hoher Energiedichte eine vergleichsweise geringe Energiedichte und einen kleineren Durchmesser als die gewünschten Durchgangslöcher. Infolgedessen wird verhindert, dass der Strahl mit hoher Energiedichte das andere Ende durch die Zelle hindurch erreicht. Somit wird verhindert, dass der Film beschädigt wird, der bereits an dem anderen Ende angebracht sein kann.

**[0088]** Gemäß einem dreiundzwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher vorzugsweise so ausgebildet werden, dass die Position der Bestrahlung mit dem Strahl mit hoher Energiedichte fixiert ist, während der Wabenstrukturkörper so bewegt wird, dass die gewünschte Position mit dem Strahl mit hoher Energiedichte bestrahlt wird. Beim Bestrahlen mit dem Strahl mit hoher Energiedichte müssen die Strahlereinrichtung eines Strahls mit hoher Energiedichte und/oder der Wabenstrukturkörper relativ zueinander bewegbar sein, was von Fall zu Fall unterschiedlich ist.

**[0089]** Bei solch einem Fall hat die Vorrichtung zum Ausstrahlen des Strahls mit hoher Energiedichte eine sehr hohe Genauigkeit und ist stets schwerer als der Wabenstrukturkörper. Daher trägt vielmehr die Verwendung einer Vorrichtung zum Bewegen des Wabenstrukturkörpers als die Verwendung der Vorrichtung zum Bewegen der Strahlereinrichtung eines Strahls mit hoher Energiedichte zu geringeren Aufbaukosten und zu einer verbesserten Vorrichtungsstabilität bei.

**[0090]** Gemäß einem vierundzwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Bildverarbeitungseinrichtung vorzugsweise die Positionsinformationen der Zellenden derart erzeugt, dass die Endfläche des Wabenstrukturkörpers in eine Vielzahl Blöcke segmentiert wird, für die jeweils für jeden Block die Bilddaten für den Bereich gesammelt werden, der den bestimmten Block und einen Bereich enthält, der mit zumindest einem Teil eines angrenzenden Blocks dupliziert ist, und die Bilddaten für alle Blöcke werden miteinander gekoppelt, indem die duplizierten Bereiche überlagert werden, um dadurch die Positionsinformationen der Zellenden für die gesamte Endfläche zu erzeugen.

**[0091]** In diesem Fall kann jede Einheit der durch die Bildverarbeitungseinrichtung gesammelten Bilddaten durch die Segmentierung in die Blöcke reduziert werden. Infolgedessen kann die Genauigkeit von allen Bilddaten verbessert werden. Außerdem werden alle Bilddaten so gesammelt, dass sie die Daten eines Abschnittes enthalten, der mit einem angrenzenden Block dupliziert ist, wie dies vorstehend beschrieben ist. Infolgedessen können die Bilddaten für die gesamte Endfläche des Wabenstrukturkörpers genau gebildet werden, indem die duplizierten Abschnitte überlagert werden, wodurch ermöglicht wird, dass genaue Positionsinformationen für jedes Zellende gewonnen werden.

**[0092]** Gemäß einem fünfundzwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Bildverarbeitungseinrichtung vorzugsweise die Bilddaten unter Verwendung eines Kamerasatzes sammelt, die positionsfest angeordnet sind, während der Wabenstrukturkörper bewegt wird, um jeden Block nacheinander innerhalb des Bereiches eines Gesichtsfelds der Kameras anzuordnen.

**[0093]** Beim Sammeln der Bilddaten von jedem Block müssen die Kamera und der Wabenstrukturkörper relativ zueinander bewegt werden. In solch einem Fall können die Aufbaukosten reduziert werden und die Vorrichtungsstabilität wird weiter verbessert, wenn vielmehr der Wabenstrukturkörper als die Vorrichtung einschließlich der sehr genauen Kamera beweglich gehalten wird. Außerdem kann der Wabenstrukturkörper zwischen einer festen Strahlquelle eines energiereichen Strahls und einer festen Kameraeinheit bewegt werden. In solch einem Fall kann eine Vielzahl Schritte in einfacher Weise automatisiert werden.

**[0094]** Gemäß einem sechsundzwanzigsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur vorgesehen, wobei die Durchgangslöcher vorzugsweise für jeden Block ausgebildet werden, und beim Vorhandensein eines Blocks, der unmittelbar nach dem vollständigen Ausbilden der Durchgangslöcher für einen gegebenen Block von irgendeinem angrenzenden Block entfernt ist, werden die Durchgangslöcher vorzugsweise für den entfernten Block ausgebildet. Infolgedessen kann die Verformung infolge des thermischen Verzugs des Films stärker unterdrückt werden als wenn angrenzende Blöcke kontinuierlich verarbeitet werden.

#### Ausführungsbeispiel 1

**[0095]** Ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 4 erläutert.

**[0096]** Wie dies in der Fig. 14 gezeigt ist, ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur 8 für den Träger eines Abgasreinigers eines Fahrzeugs vorgesehen, wobei an einer ihrer Endflächen einige Zellenden geschlossen sind.

**[0097]** Wie dies in der Fig. 1 gezeigt ist, wird nach dem Fertigen eines Wabenstrukturkörpers 86, bei dem alle Zellenden zu einer Endfläche offen sind, ein Teil der Zellenden 82 an der Endfläche des Wabenstrukturkörpers 86 geschlossen, indem ein transparenter oder lichtdurchlässiger Harzfilm 2 an die Endfläche 861 des Wabenstrukturkörpers 86 angebracht wird, um die Zellenden 82 zu bedecken. Wie dies in der Fig. 2 gezeigt ist, wird dann der Abschnitt des Harzfilms 2, der sich an den zu schließenden Zellenden 82 befindet, thermisch geschmolzen oder ausgebrannt, um dadurch Durchgangslöcher 20 auszubilden. Wie dies in der Fig. 4 gezeigt ist, wird die Endfläche 861 in einen Schlamm 60 getaucht, der ein Endflächenschließmaterial enthält, und es wird ein Eintreten des Schlammes 60 in die Zellenden 82 durch die Durchgangslöcher 20 bewirkt, und danach wird der Schlamm 60 gehärtet, während gleichzeitig der Harzfilm 2 entfernt wird.

**[0098]** Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wurde der Wabenstrukturkörper 86 durch einen Extrusionsgussvorgang gefertigt. Insbesondere wird eine lange zylindrische Wabenstruktur mit vielen rechteckigen Zellen unter Verwendung eines keramischen Materials gefertigt, das ein Cordierit bildet, und zu einer vorbestimmten Länge abgeschnitten, um dadurch den Wabenstrukturkörper 86 auszubilden. Die Zellenden 82 des Wabenstrukturkörpers 86 sind



allesamt zu den zwei Endflächen **861**, **862** offen.

**[0099]** Wie dies in der **Fig. 1** gezeigt ist, wird ein Harzfilm **2** über die gesamte Endfläche **861** hinweg angebracht. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein thermoplastischer Harzfilm mit einer Gesamtdicke von 110 µm verwendet, von dem eine Fläche mit einem Klebemittel überzogen ist.

**[0100]** Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird dann der Abschnitt des Harzfilms **2**, der sich an den zu schließenden Zellenden **82** befindet, unter Verwendung einer Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** thermisch geschmolzen oder ausgebrannt, um dadurch die Durchgangslöcher **20** auszubilden.

**[0101]** Wie dies in der **Fig. 2** gezeigt ist, hat die Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** eine Bildverarbeitungseinrichtung **51** zum Gewinnen von Positionsinformationen durch visuelles Erkennen der Zellenden **82** durch den an der Endfläche **861** angebrachten Harzfilm **2** hindurch, eine Wärmestrahlereinrichtung **52** zum Ausstrahlen eines Strahls mit hoher Energiedichte (Laserstrahl) **520** auf den Harzfilm **2** und eine Steuereinrichtung **53** zum Bestimmen der Bestrahlungsposition des Strahls **520** mit hoher Energiedichte und zum Betreiben der Wärmestrahlereinrichtung **52** auf der Grundlage der Positionsinformationen, die von der Bildverarbeitungseinrichtung **51** zugeführt werden.

**[0102]** Die Bildverarbeitungseinrichtung **51** hat eine Kameraeinheit **511** zum Aufnehmen eines Bildes der Endfläche und eine Bildverarbeitungseinheit **512** zum Erzeugen von Bilddaten. Eine Vielzahl Kameraeinheiten **511** wird vorzugsweise entsprechend der Größe der Endfläche angebracht. Dieses Ausführungsbeispiel ist jedoch mit einer einzigen Kameraeinheit **511** aufgebaut, die zum sequentiellen Abbilden einer Vielzahl Bereiche passend bewegt wird.

**[0103]** Die Wärmestrahlereinrichtung **52** hat einen CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** und eine Bewegungseinheit **522** mit einer darin eingebauten Steuereinheit für den CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521**. Eine Vielzahl CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** ist vorzugsweise für eine bessere Effizienz anzubringen, auch wenn bei diesem Ausführungsbeispiel aufgrund der Aufbaukosten eine CO<sub>2</sub>-Lasereinheit verwendet wird.

**[0104]** Die Steuereinrichtung **53** berechnet die Position und die Öffnungsfläche von jedem Zellende **82** auf der Grundlage der von der Bildverarbeitungseinrichtung **51** aufgenommenen Bilddaten und bestimmt die Positionen der Durchgangslöcher **20** durch ein Bestimmen der Positionen der zu schließenden Zellenden **82**. Außerdem wird eine Umrissposition **22** (**Fig. 3**) zum Abschneiden des überflüssigen Umgebungsabschnitts des Harzfilms **2** bestimmt. Die resultierenden Informationen über die Positionen der Durchgangslöcher und die Umrissposition werden der Wärmestrahlereinrichtung **52** zum Steuern der Bewegung und der Ausstrahlung des CO<sub>2</sub>-Laserstrahlers **521** zugeführt.

**[0105]** Unter Verwendung der Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** mit diesem Aufbau, wie er in der **Fig. 2** gezeigt ist, wird zunächst die Endfläche **861** des Wabenstrukturkörpers **86** durch die Kameraeinheit **511** abgebildet, um dadurch Bilddaten zu erzeugen. Dann berechnet die Steuereinrichtung **53** die Durchgangslöcherpositionen und die Umrissposition. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden die Positionen, an denen die Durchgangslöcher auszubilden sind, derart bestimmt, dass die zu schließenden Abschnitte schachbrettartig ausgebildet werden, wobei angrenzende Zellen abwechselnd offen und geschlossen sind.

**[0106]** Als nächster Schritt wird die Wabenstruktur zu der Position unter der Laserstrahlereinrichtung bewegt, oder die Laserstrahlereinrichtung wird bewegt, und der Koordinatenursprung wird jeweils an derselben Position festgelegt, wenn die Wabenstruktur direkt unter der Kameraeinheit oder der Strahlereinrichtung positioniert ist.

**[0107]** Als Reaktion auf einen Befehl von der Steuereinrichtung **53** wird der Laserstrahl **520** sequentiell von dem CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** ausgestrahlt, und durch den somit geschmolzenen und ausgebrannten Harzfilm **2** werden die Durchgangslöcher **20** und die Umrissposition **22** ausgebildet.

**[0108]** Wie dies in der **Fig. 3** gezeigt ist, wird infolgedessen der Harzfilm **2** an der Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** geformt, wobei der überflüssige Abschnitt **29** außerhalb des Umfangs der Umrissposition **22** abgeschnitten wird und die Durchgangslöcher **20** an dem Abschnitt des Harzfilms **2** ausgebildet werden, der sich an den zu schließenden Zellenden befindet.

**[0109]** Dieser Prozess einschließlich des Schritts zum Anbringen des Harzfilms **2** bis zu dem Schritt zum Ausbilden der Durchgangslöcher wird für die andere Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** in ähnlicher Weise ausgeführt. Bei dem Prozess wird eines der Enden von jeder Zelle durch den Harzfilm **2** geschlossen, während das andere Zellende mit einem Durchgangslöcher **20** ausgebildet wird.

**[0110]** Jedes Rechteck, dem ein Teil seines Umfangs fehlt, wird nicht als ein offener Abschnitt im Schachbrettmuster ausgebildet, sondern es wird vollständig mit dem Schließmaterial gefüllt.

**[0111]** Dann wird die Endfläche **861** in den Schlamm **60** getaucht, der das Endflächenschließmaterial enthält, und es wird das Eintreten des Schlammes **60** in die Zellenden durch die Durchgangslöcher bewirkt. Wie dies in der **Fig. 4** gezeigt ist, wird bei diesem Ausführungsbeispiel eine Tauchvorrichtung **6** verwendet. Die gezeigte Tauchvorrichtung **6** hat eine Handhabungseinheit **61** zum Halten und Bewegen des Wabenstrukturkörpers **86**, der ein Werkstück bildet, einen Flüssigkeitsbehälter **62**, der mit dem Schlamm **60** gefüllt ist, der ein Endflächenschließmaterial mit einer Hauptkomponente zum Bilden eines Cordierites nach dem Backen enthält, und eine Steuereinheit **63** zum Steuern der Handhabungseinheit **61**. Die Steuereinheit **63** ist mit einem Flüssigkeitsniveausensor **631** zum Erfassen des Flüssigkeitsniveaus des Schlammes **60** verbunden.

**[0112]** Wie dies in der **Fig. 4** gezeigt ist, ist der erste Schritt beim Bearbeiten des Werkstücks mit der Tauchvorrichtung **6** ein Anordnen des Wabenstrukturkörpers **86** an einen Sockel **64**, wobei die zu bearbeitende Endfläche unten ist. Dann wird der Wabenstrukturkörper **86** gehalten und durch eine Klemmvorrichtung **611** der Handhabungseinheit **61** auf eine vorbestimmte Höhe angehoben. Die Handhabungseinheit **61** wird bewegt, um den Wabenstrukturkörper **86** über den Schlamm **60** zu bewegen. Dann wird die Handhabungseinheit **61** abgesenkt, um die Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** in den Schlamm **60** einzutauchen.

**[0113]** Gleichzeitig berechnet die Steuereinheit **63** die Tauchtiefe aus den Daten des Flüssigkeitsniveausensors **631** und den durch die Handhabungseinheit **61** durchfahrenen vertikalen Abstand, und sie steuert die Handhabungseinheit **61** so, dass die gewünschte Tauchtiefe erhalten wird.

**[0114]** Infolgedessen tritt der Schlamm **60** in die Zellenden **82** durch die Durchgangslöcher **20** an der Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** ein.

**[0115]** Dann wird der Arbeitsgang unter Verwendung der Tauchvorrichtung **6** in ähnlicher Weise für die andere Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** wiederholt.

**[0116]** Der Wabenstrukturkörper **86** mit den Zellenden **82**, die mit dem Schlamm **60** getränkt sind, wird getrocknet und gebacken.

**[0117]** Auf diese Weise wird der Schlamm **60** gebacken und zu einem Schließmaterial **80** verfestigt, um dadurch die geschlossenen Abschnitte **83** auszubilden, während gleichzeitig der Harzfilm **2** ausgebrannt wird, der bis jetzt an der



Endfläche angebracht war. Die Wabenstruktur **8** mit einigen geschlossenen Zellenden kann auf diese Weise erhalten werden.

[0118] Nun werden die Vorgehensweise und die Wirkungen bei dem gegenwärtigen Ausführungsbeispiel erläutert.

[0119] Wie dies vorstehend beschrieben ist, wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel, nachdem der Harzfilm **2** an einer Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** angebracht wurde, der gewünschte Abschnitt des Harzfilms thermisch geschmolzen oder ausgebrannt, um dadurch die Durchgangslöcher auszubilden. Daher ist der Arbeitsgang zum Ausbilden der Durchgangslöcher verglichen mit dem Stand der Technik sehr einfach. Insbesondere bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein Laserstrahl **520**, der einen Strahl mit hoher Energiedichte bildet, auf den Harzfilm **2** ausgestrahlt, um die Durchgangslöcher **20** auszubilden. Infolgedessen können die Durchgangslöcher **20** in sehr einfacher Weise mit hoher Genauigkeit ausgebildet werden.

[0120] Des weiteren wird bei diesem Ausführungsbeispiel eine Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** mit der vorstehend beschriebenen Bildverarbeitungseinrichtung **51** verwendet. Selbst wenn eine keramische Wabenstruktur im Laufe der Herstellung unweigerlich verformt wird, können daher die Positionen der Zellenden der Endfläche genau herausgefunden werden. Insbesondere bei diesem Ausführungsbeispiel ermöglicht die Verwendung eines transparenten oder lichtdurchlässigen Harzfilmes eine effektive Nutzung der Bildverarbeitungseinrichtung.

[0121] Auf diese Weise kann die durch die Verwendung der vorstehend beschriebenen Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** ermöglichte Automatisierung des Arbeitsgangs zum Ausbilden der Durchgangslöcher die Effizienz verglichen mit dem herkömmlichen manuellen Arbeitsgang merklich verbessern.

[0122] Wie dies vorstehend gemäß diesem Ausführungsbeispiel beschrieben ist, kann der Prozess zum Schließen eines Teils der Zellenden an der Endfläche der Wabenstruktur rationalisiert werden, so dass die Produktivität der Wabenstruktur mit einem Teil von geschlossenen Zellenden gegenüber dem Stand der Technik merklich verbessert werden kann.

#### Ausführungsbeispiel 2

[0123] Gemäß dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel wird der Schlamm **60** gehärtet, indem er gleichzeitig mit dem Wabenstrukturkörper **86** gebacken wird. Im Gegensatz dazu wird bei dem zweiten Ausführungsbeispiel der Wabenstrukturkörper **86** gebacken, bevor das Eintreten des Schlammes **60** in die Zellenden des Wabenstrukturkörpers **86** bewirkt wird. Außerdem setzt sich der Schlamm **60** aus einem Dichtmittel (wie zum Beispiel Sumiceram (Handelsname)) zusammen, das Keramiken mit einer derartigen Charakteristik enthält, die nach der Beschickung so härter sind, dass sie beim Härteprozess 15 bis 20 Minuten bei Raumtemperatur in der Luft getrocknet werden und für eine Stunde bei 110 bis 120°C gehalten werden.

[0124] Außerdem sind in diesem Fall die Vorgehensweise und die Wirkungen ähnlich wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

#### Ausführungsbeispiel 3

[0125] Dieses Ausführungsbeispiel stellt einen Fall dar, bei dem die Form der Zellenden des Wabenstrukturkörpers **86** anders als bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist. Wie dies in der Fig. 5 gezeigt ist, sind insbesondere gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel die Zellen des Wabenstruktur-

körpers **86** dreieckig, so dass alle Zellenden **82** eine dreieckige Form haben.

[0126] Auch in diesem Fall werden die Schließelemente **830** an einen Teil der Zellenden **82** angeordnet, um dadurch die geschlossenen Abschnitte **83** durch ein ähnliches Verfahren wie bei dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel auszubilden, und ähnliche Wirkungen wie bei dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel können erzielt werden.

[0127] Es ist des weiteren zu beachten, dass bei dem gegenwärtigen Ausführungsbeispiel dieselbe Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel verwendet werden kann. Die vorstehend beschriebene Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** kann die Position zum Bestrahlen des Strahls mit hoher Energiedichte durch die Bildverarbeitung kontaktlos bestimmen, und sie kann in einfacher Weise der Änderung der Form und der Größe des zu bestrahlenden Objekts folgen. Infolgedessen kann die Verwendung der Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** eine Vielzahl Arten von Wabenstrukturen in derselben Produktionslinie produzieren, wodurch der Herstellungsprozess merklich verbessert ist.

#### Ausführungsbeispiel 4

[0128] Wie dies in der Fig. 6 gezeigt ist, unterscheidet sich dieses Ausführungsbeispiel von dem ersten Ausführungsbeispiel darin, dass vor dem Anbringen des Harzfilms **2** an die Endfläche **861** der Wabenstruktur die Positionen der Zellenden **82** an der Endfläche **861** erkannt und deren Positionsinformationen erzeugt werden, und danach wird ein Laserstrahl **520** auf die Endfläche **861** mit dem daran angebrachten Harzfilm **2** gestrahlt, um dadurch die Durchgangslöcher **20** auszubilden.

[0129] Wie dies in der Fig. 6 gezeigt ist, wird bei diesem Ausführungsbeispiel eine Vorrichtung mit einem im wesentlichen ähnlichen Aufbau wie die bei dem ersten Ausführungsbeispiel gezeigte Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** verwendet. Die Bauteile mit denselben Funktionen sind jeweils durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0130] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden die Bilddaten von der Endfläche **861** der Wabenstruktur **86(a)** unter Verwendung der Kameraeinheit **511** der vorstehend beschriebenen Durchgangslochausbildungsvorrichtung **5** gesammelt.

[0131] Der Abbildungsvorgang der Kameraeinheit **511** wird mit der Endfläche **861** ausgeführt, die in eine Vielzahl Blöcke eingeteilt ist. Die für die verschiedenen Blöcke erhaltenen Bilddaten werden miteinander gekoppelt, so dass die Positionsinformationen der Zellenden **82** für die gesamte Endfläche **861** in der Bildverarbeitungseinheit **512** erzeugt werden.

[0132] Zum Aufnehmen eines Bilds einer Vielzahl Blöcke wird die Kameraeinheit **511** positionsfest angeordnet, während der Wabenstrukturkörper **86(a)** bewegt wird, der an einer nicht gezeigten Bewegungseinheit angeordnet ist.

[0133] Dann bewegt die Bewegungseinheit den Wabenstrukturkörper **86(a)** zu einer Position, die in der Fig. 6 mit **86(b)** bezeichnet ist. Der Harzfilm **2** wird an die Endfläche **861** des Wabenstrukturkörpers **86(b)** angebracht, um alle Zellenden **82** zu bedecken. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird der gleiche Film wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel verwendet. Dieser Film ist nicht notwendigerweise transparent und kann durch ein anderes Material ersetzt werden.

[0134] Außerdem muss nicht die gesamte Endfläche **861** durch einen einzigen Film bedeckt werden, sondern es kann eine Vielzahl Filme kombiniert werden. In Abhängigkeit der

Spezifikation der zu produzierenden Wabenstruktur muss nicht unbedingt die gesamte Endfläche **861** sondern nur ein Teil der Endfläche **861** bedeckt werden.

[0135] Dann wird der Wabenstrukturkörper **86(b)** durch die Bewegungseinheit zu einer Position **86(c)** bewegt. Beim Bewegen der Wabenstruktur **86** wird der Ursprung der Positionskoordinate der Wabenstruktur **86**, wenn sich diese direkt unter dem CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** der Wärmestrahler-einrichtung **52** befindet, so festgelegt, dass er mit dem Ursprung der Positionskoordinate der Wabenstruktur **86** übereinstimmt, wenn sich diese direkt unter der Kameraeinheit **511** befindet.

[0136] Beim Ausbilden der Durchgangslöcher **20** werden wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel die Position, die mit dem Laserstrahl **520** zu bestrahlen ist, und die Größe von jedem Durchgangsloch **20** durch eine Berechnung der Steuereinrichtung **53** auf der Grundlage der von der Bildverarbeitungseinrichtung **51** aufgenommenen Bilddaten bestimmt.

[0137] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird die Größe von jedem Durchgangsloch **20** in Übereinstimmung mit der Öffnungsfläche des entsprechenden zu schließenden Zellendes geändert.

[0138] Wie dies in der Tabelle 1 gezeigt ist, ist eine spezifische Matrix der Zellendenöffnungsfläche und der Durchgangslöchergröße vorbereitet, und der Durchmesser von jedem Durchgangsloch wird in Übereinstimmung mit dieser Matrix bestimmt.

Tabelle 1

Öffnungsfläche des Zellendes (mm <sup>2</sup> )	Durchmesser des Durchgangslochs (mmφ)
nicht mehr als 0,64	0,6
0,64-1,0	0,8
1,0-1,4	1
1,4-1,96	1,2
1,96-2,56	1,4

[0139] Der Laserstrahl **520** wird so ausgestrahlt, dass die Durchgangslöcher **20** sequentiell ausgebildet werden.

[0140] Beim Ausbilden eines gegebenen Durchgangslochs **20** wird der Laserstrahl **520** zunächst auf die Mitte des bestimmten voraussichtlichen Durchgangslochs **20** gerichtet, und dann wird die Position der Bestrahlung spiralförmig relativ versetzt, um den Durchmesser des Durchgangslochs allmählich auf die gewünschte Größe zu vergrößern. Auf diese Weise wird ein im wesentlichen kreisförmiges Durchgangsloch **20** um den Schwerpunkt der Öffnungsfläche von jedem Zellende herum ausgebildet.

[0141] Die Durchgangslöcher **20** werden gemäß dieser Prozedur ausgebildet, und daher ist der Durchmesser des Laserstrahls **520** in erwünschter Weise so klein wie möglich. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel beträgt der Durchmesser des Laserstrahls **520** 0,1 mmφ. Außerdem hat die Intensität des Laserstrahls **520** vorzugsweise das erforderliche Minimum zum Ausbrennen des Harzfilms **2**. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Abgabe auf 3 bis 5 W festgelegt.

[0142] Bei dem Prozess wird der Laserstrahl **520** auf die gewünschte Position gestrahlt, indem die Position fixiert ist, die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte bestrahlt wird, während der Wabenstrukturkörper **86(c)** durch die Bewegungseinheit bewegt wird.

[0143] Dann werden die Durchgangslöcher **20** in ähnlicher Weise an der anderen Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** ausgebildet. Danach werden der Prozess zum Bewir-

ken des Eintretens des Schlamms in die Zellenden, das Trocknen und das Backen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt.

[0144] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel können die Zellenden **86** direkt betrachtet werden, wenn die Positionsinformationen der Zellenden **86** durch die vorstehend beschriebene Bildverarbeitungseinrichtung gewonnen werden. Verglichen mit dem ersten Ausführungsbeispiel, bei dem das Bild durch den Harzfilm **2** hindurch aufgenommen wird, können daher genaue Daten erhalten werden. Infolgedessen können die Positionen, an denen die Durchgangslöcher **20** ausgebildet werden, mit einer höheren Genauigkeit berechnet werden.

[0145] Gemäß diesem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Größe von jedem Durchgangsloch **20** in Übereinstimmung mit der Öffnungsfläche des entsprechenden Zellendes **82** geändert. Infolgedessen kann eine passende Schlammmenge entsprechend der Öffnungsfläche von jedem Zellende **82** zugeführt werden, wodurch es möglich ist, die Dickenabweichung der geschlossenen Abschnitte **83** zu reduzieren.

[0146] Des weiteren wird jedes Durchgangsloch **20** als ein Kreis ausgebildet, indem zunächst der Laserstrahl **520** um den Schwerpunkt der Öffnungsfläche des voraussichtlichen Zellendes herum gestrahlt wird, und daher kann der Schlamm einheitlich und gleichgewichtig eingeführt werden.

[0147] Außerdem wird der Laserstrahl **520** zunächst auf die Mitte des voraussichtlichen Durchgangslochs **20** gerichtet, und dann wird die Position der Bestrahlung spiralförmig relativ so versetzt, dass sich der Durchmesser des Durchgangslochs **20** allmählich auf die gewünschte Größe vergrößert. Auf diese Weise kann der bis jetzt an dem Durchgangsloch **20** vorhandene Harzfilm **2** sicher ohne irgendeinen Rückstand ausgebrannt werden.

[0148] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel sind darüber hinaus die Positionen der Kameraeinheit **51** und des CO<sub>2</sub>-Laserstrahlers **521** fixiert, während der Wabenstrukturkörper **86** durch eine nicht gezeigte Bewegungseinheit relativ bewegt wird. Auf diese Weise sind einerseits die Aufbaukosten des gesamten Systems reduziert, und gleichzeitig ist die Stabilität verbessert.

[0149] Die anderen Punkte haben dieselben Wirkungen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

#### Ausführungsbeispiel 5

[0150] Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten und dem vierten Ausführungsbeispiel darin, dass gemäß der Fig. 7 vor dem Anbringen des Harzfilms **2** an die Endfläche **861** der Wabenstruktur die Positionen der Zellenden **82** der Endfläche **861** erkannt werden, um deren Positionsinformationen zu erzeugen, und danach werden die Durchgangslöcher **20** in dem Harzfilm ausgebildet. Dann wird der Harzfilm an die Endfläche **861** der Wabenstruktur angebracht.

[0151] Wie dies in der Fig. 7 gezeigt ist, wird bei diesem Ausführungsbeispiel auch eine Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** mit einem im wesentlichen ähnlichen Aufbau wie die bei dem ersten Ausführungsbeispiel gezeigte Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** verwendet. Die Bauteile mit denselben Funktionen wie die entsprechenden Bauteile des vierten Ausführungsbeispiels sind jeweils durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0152] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist wie bei dem vierten Ausführungsbeispiel der erste Schritt das Gewinnen der Positionsinformationen aller Zellenden unter Verwendung der Bildverarbeitungseinrichtung **51** der Durchgangs-

lochausbildungsvorrichtung 5.

[0153] Wie dies in der Fig. 7 gezeigt ist, wird dann gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Harzfilm 2 in einer Rolle horizontal ausgebreitet und mit dem Laserstrahl 520 bestrahlt, der von dem CO<sub>2</sub>-Laserstrahler 521 ausgestrahlt wird, um dadurch die Durchgangslöcher 20 auszubilden. Bei dem Prozess wird die relative Bewegung des CO<sub>2</sub>-Laserstrahlers 521 bewirkt, während der Harzfilm 2 positionsfest angeordnet ist.

[0154] Außerdem wird der Ursprung der Positionskoordinate der Wabenstruktur 86, wenn sich diese direkt unter der Kameraeinheit 511 befindet, so festgelegt, dass er an der optimalen Position mit dem Ursprung der Positionskoordinate des horizontal ausgebreiteten Harzfilms 2 übereinstimmt.

[0155] Als nächster Schritt wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel der mit den Durchgangslöchern 20 ausgebildete Harzfilm 2 auf eine vorbestimmte Länge geschnitten und manuell an die Endfläche 861 des Wabenstrukturkörpers 86 angebracht. Danach wird der Fremdausschnitt des Harzfilms 2 abgeschnitten. Dieser Arbeitsgang wird auch für die andere Endfläche des Wabenstrukturkörpers 86 durchgeführt. Die anderen Punkte sind ähnlich wie die entsprechenden Punkte des vierten Ausführungsbeispiels.

[0156] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden die Durchgangslöcher 20 in dem Harzfilm 2 unabhängig ausgebildet. Infolgedessen besteht keine Gefahr, dass der Laserstrahl 520 auf den Wabenstrukturkörper 86 strahlt oder den bereits an dem anderen Ende angeordneten Harzfilm 2 ausbrennt. Somit kann der Arbeitsgang zum Ausbilden der Durchgangslöcher 20 einfach durchgeführt werden.

[0157] Die anderen Vorgehensweisen und Wirkungen sind ähnlich zu den entsprechenden des vierten Ausführungsbeispiels.

#### Ausführungsbeispiel 6

[0158] Dieses Ausführungsbeispiel stellt ein Verfahren zum Verarbeiten der Bilddaten der Bildverarbeitungseinrichtung 52 bei dem ersten, vierten und fünften Ausführungsbeispiel dar.

[0159] Wie dies in der Fig. 8 gezeigt ist, werden gemäß diesem Ausführungsbeispiel die Positionsinformationen der Zellenden 82 in der Bildverarbeitungseinrichtung 51 erzeugt, indem der Bereich, der die Endfläche 861 des Wabenstrukturkörpers 86 enthält, in Blöcke S1 bis S9 segmentiert wird. Wie dies in den Fig. 9 und 10 gezeigt ist, werden für jeden Block Bilddaten für den Bereich gesammelt, der den Abschnitt enthält, der mit zumindest einem Teil eines angrenzenden Blocks dupliziert ist.

[0160] Wie dies in der Fig. 9 gezeigt ist, ist insbesondere der Umriss des Blocks S1 rechteckig und durch die Grenzlinien R11 bis R14 definiert. Andererseits ist der Umriss des Blocks S2 ebenfalls rechteckig und durch die Grenzlinien R21 bis R24 definiert. In ähnlicher Weise ist der Umriss des Blocks S<sub>n</sub> rechteckig und durch die Grenzlinien Rn1 bis Rn4 definiert.

[0161] Infolgedessen hat die Grenze zwischen angrenzenden Blöcken stets einen duplizierten Abschnitt von zwei angrenzenden Blöcken. Die Grenze zwischen den Blöcken S1 und S2 hat zum Beispiel einen duplizierten Abschnitt S12, der zu beiden Blöcken S1 und S2 gehört. In ähnlicher Weise hat die Grenze zwischen Blöcken S1 und S6 einen duplizierten Abschnitt S16, der zu beiden Blöcken S1 und S6 gehört. Wie dies in der Fig. 9 gezeigt ist, werden daher beim Sammeln der Bilddaten des Blocks S1 die Bilddaten einschließlich der duplizierten Abschnitte S12 und S16 gesammelt.

[0162] Wie dies in der Fig. 10 gezeigt ist, werden die Bild-

daten des Blocks S2 außerdem von den duplizierten Abschnitten S12, S25 zwischen den Blöcken S1 und S5 und von dem mit dem nicht gezeigten Block S3 duplizierten Abschnitt gesammelt.

[0163] In ähnlicher Weise werden die Bilddaten von den anderen Blöcken S3 bis S9 ebenfalls von den Abschnitten gesammelt, die mit angrenzenden Blöcken dupliziert sind.

[0164] Als nächster Schritt koppelt die Bildverarbeitungseinheit 512 die Bilddaten der Blöcke S1 bis S9 durch ein Überlagern von deren duplizierten Abschnitten und erzeugt so die Positionsinformationen der Zellenden für die gesamte Endfläche. Bei dem Prozess werden alle Bilddaten bezüglich der Position festgelegt, indem die Abbildungen von denselben Zellenden 82 genau überlagert werden, die an den duplizierten Abschnitten vorhanden sind. Zu diesem Zweck werden verschiedene Verfahren angewendet, die auf spezifischen Algorithmen beruhen.

[0165] Beim Anwenden dieses Verfahrens zum Sammeln der Bilddaten können Positionsinformationen mit sehr hoher Genauigkeit erhalten werden.

[0166] Insbesondere sind die von einer einzigen Kamera erhaltenen Bilddaten dergestalt, dass die von ihrer Mitte entfernten Abschnitte in einer diagonalen Richtung betrachtet werden. Daher sind die erhaltenen Informationen um so genauer, je enger das Gesichtsfeld ist. Außerdem haben die Zellen der Wabenstruktur eine kleine Größe und das Erfassen ihrer Fläche ist von großer Bedeutung, so dass Bilddaten mit sehr hoher Genauigkeit erforderlich sind.

[0167] Aus diesem Grund kann eine Vielzahl Bilddaten effizient kombiniert werden, die jeweils aus einem vergleichsweise kleinen Gesichtsfeld gesammelt werden.

[0168] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel kann insbesondere die Genauigkeit, mit der die Bilddaten miteinander gekoppelt werden, durch ein Erzeugen der Bilddaten verbessert werden, die die duplizierten Abschnitte enthalten, wie dies vorstehend beschrieben ist. Infolgedessen können die Positionsinformationen der Zellenden 82 für die gesamte Endfläche des Wabenstrukturkörpers sehr genau erfasst werden.

#### Ausführungsbeispiel 7

[0169] Ein Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß einem sichtlichen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Fig. 3, 4, 6, 11(a) bis 11(d), 12 und 13 erläutert.

[0170] Wie dies in den Fig. 14(a) und 14(b) gezeigt ist, ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein Verfahren zum Produzieren einer keramischen Wabenstruktur 8 für den Träger eines Abgasreinigungssystems eines Fahrzeugs vorgesehen, wobei alle Zellenden von den Endflächen der Wabenstruktur 8 geschlossen sind.

[0171] Wie dies in der Fig. 11(a) gezeigt ist, wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel ein Wabenstrukturkörper 86 produziert, von dem alle Zellenden 82 zu seinen zwei Endflächen offen sind.

[0172] Wie dies in der Fig. 11(a) gezeigt ist, wird außerdem ein transparenter Harzfilm 2 angebracht, um eine Endfläche 861 des Wabenstrukturkörpers 86 zu bedecken. Wie dies in der Fig. 11(b) gezeigt ist, werden dann die Abschnitte des Harzfilms 2 entsprechend den zu schließenden Zellenden 82 geschmolzen oder ausgebrannt, indem sie mit einem Strahl mit hoher Energiedichte bestrahlt werden, wodurch die Durchgangslöcher 20 ausgebildet werden.

[0173] Wie dies in der Fig. 11(c) gezeigt ist, wird als nächster Schritt der Wabenstrukturkörper an einen Sockel 49 (Fig. 12) angeordnet, wobei die Endfläche 861 mit dem daran angebrachten Harzfilm 20 nach oben gewandt ist und

die andere Endfläche **862** nach unten gewandt ist. Dann wird das Maskierungspulver **4** durch die Durchgangslöcher **20** des Harzfilms **2** beschickt und an den Zellenden der anderen Endfläche **862** angeordnet. Das so angeordnete Maskierungspulver **4** wird gehärtet, um dadurch maskierte Abschnitte **40** auszubilden.

[0174] Danach werden die Endflächen **861**, **862** in den Schlamm **60** getaucht, der ein Endflächenschließmaterial enthält. Auf diese Weise wird das Eintreten des Schlammes **60** in die Zellenden **82** für die Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm **2** durch die Durchgangslöcher **20** und für die Endfläche mit den maskierten Abschnitten **40** durch die Öffnungen bewirkt, in denen die maskierten Abschnitte **40** fehlen. Dann wird der Schlamm **6** gehärtet, während gleichzeitig der Harzfilm **2** und die maskierten Abschnitte entfernt werden.

[0175] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird der Wabenstrukturkörper **86** durch einen Extrusionsgussvorgang produziert. Insbesondere wird eine zylindrische lange Wabenstruktur mit vielen rechteckigen Zellen unter Verwendung eines keramischen Materials produziert, das ein Cordierit bildet, und sie wird auf eine vorbestimmte Länge geschnitten, um dadurch den Wabenstrukturkörper **86** auszubilden. Alle Zellenden **82** des Wabenstrukturkörpers **86** sind zu den Endflächen **861**, **862** offen.

[0176] Wie dies in der Fig. 11(a) gezeigt ist, wird als nächstes der Harzfilm **2** komplett an einer Endfläche **861** angebracht. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein thermoplastischer Harzfilm mit einer Gesamtdicke von 110 µm verwendet, der an einer seiner Flächen mit einem Klebemittel überzogen ist.

[0177] Wie dies in der Fig. 2 gezeigt ist, werden gemäß diesem Ausführungsbeispiel die Abschnitte des Harzfilms **2** entsprechend den zu schließenden Zellenden **82** durch einen Strahl mit hoher Energiedichte geschmolzen oder ausgebrannt, wobei die bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschriebene Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** verwendet wird, um dadurch die Durchgangslöcher **20** auszubilden.

[0178] Wie dies in der Fig. 2 gezeigt ist, hat die Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** eine Bildverarbeitungseinrichtung **51** zum Gewinnen der Positionsinformationen durch visuelles Erkennen der Positionen der Zellenden **82** durch den an der Endfläche **861** angebrachten Harzfilm **2** hindurch, eine Wärmestrahleinrichtung **52** zum Ausstrahlen eines Strahls mit hoher Energiedichte (Laserstrahl) auf den Harzfilm **2** und eine Steuereinrichtung **53** zum Bestimmen der Position der Bestrahlung des Strahls **520** mit hoher Energiedichte und somit zum Betreiben der Wärmestrahleinrichtung **52** auf der Grundlage der von der Bildverarbeitungseinrichtung **51** zugeführten Positionsinformationen.

[0179] Die Bildverarbeitungseinrichtung **51** hat eine Kameraeinheit **511** zum Aufnehmen eines Bildes von einer Endfläche und eine Bildverarbeitungseinheit **512** zum Erzeugen von Bilddaten. Eine Vielzahl Kameraeinheiten **511** ist vorzugsweise in Abhängigkeit der Größe der bestimmten Endfläche vorgesehen. Dieses Ausführungsbeispiel ist jedoch mit einer einzigen Kameraeinheit **511** aufgebaut, die passend bewegt wird, um eine Vielzahl Bereiche sequentiell abzubilden.

[0180] Die Wärmestrahleinrichtung **52** hat einen CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** und eine Bewegungseinheit **522** mit einer darin eingebauten Steuereinrichtung für den CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521**. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird aufgrund der Aufbaukosten ein CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** verwendet, auch wenn die Verwendung einer Vielzahl CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** die Effizienz verbessern würde.

[0181] Die Steuereinrichtung **53** berechnet die Position

und die Öffnungsfläche von jedem Zellende **82** auf der Grundlage der von der Bildverarbeitungseinrichtung **51** aufgenommenen Bilddaten, und sie bestimmt die Positionen der zu schließenden Zellenden **82**, um dadurch die Positionen zu bestimmen, an denen die Durchgangslöcher **20** auszubilden sind. Sie bestimmt außerdem die Umrissposition **22** (Fig. 3) zum Abschneiden des überflüssigen Umgebungsabschnitts des Harzfilms **2**. Diese Informationen über die Durchgangslöcherbildungspositionen und die Umrissposition werden der Wärmestrahleinrichtung **52** zugeführt, um dadurch die Bewegung und die Ausstrahlung des CO<sub>2</sub>-Laserstrahlers **521** zu steuern.

[0182] Wie dies in der Fig. 2 gezeigt ist, werden unter Verwendung der Durchgangslöcherbildungsvorrichtung **5** mit diesem Aufbau die Bilddaten durch ein Abbilden der Endfläche **861** des Wabenstrukturkörpers **86** mit der Kameraeinheit **511** erzeugt. Dann berechnet die Steuereinrichtung **53** die Durchgangslöcherbildungspositionen und die Umrissposition. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden die Positionen, an denen die Durchgangslöcher auszubilden sind, so bestimmt, dass ein schachbrettartiges Muster der geschlossenen Abschnitte mit abwechselnd offenen und geschlossenen Enden von angrenzenden Zellen ausgebildet wird. Als nächster Schritt wird die Wabenstruktur zu einer Position unter der Laserstrahlereinrichtung bewegt, oder die Strahlereinrichtung wird bewegt, wobei, wenn die Wabenstruktur direkt unter der Kameraeinheit ist, der Ursprung des Koordinatensystems so festgelegt wird, dass er mit dem Ursprung des Koordinatensystems übereinstimmt, wenn die Wabenstruktur unter der Strahlereinrichtung ist.

[0183] Auf der Grundlage der Befehle von der Steuereinrichtung **3** wird der Laserstrahl **520** sequentiell von dem CO<sub>2</sub>-Laserstrahler **521** ausgestrahlt, und der Harzfilm **2** wird geschmolzen oder ausgebrannt, um dadurch die Durchgangslöcher **20** und die Umrissposition **22** auszubilden.

[0184] Wie dies in der Fig. 3 gezeigt ist, wird infolgedessen der Harzfilm **2** mit dem abzuschneidenden überflüssigen Randabschnitt **29** außerhalb der Umrissposition **22** und mit den an Positionen entsprechend den zu schließenden Zellenden ausgebildeten Durchgangslöchern **20** an der Endfläche des Wabenstrukturkörpers **86** angeordnet.

[0185] Die Rechtecke, denen ein Randabschnitt fehlt, sind nicht in dem schachbrettartigen Muster enthalten, sondern sie werden mit dem Schließmaterial gefüllt.

[0186] Wie dies in der Fig. 12 gezeigt ist, wird der Wabenstrukturkörper **86** dann an einen Sockel **49** angeordnet, wobei die Endfläche **861** mit dem Harzfilm **20** nach oben gewandt ist und die andere Endfläche **862** nach unten gewandt ist. Bei dem Prozess wird ein Schutzfilm **48**, der so angepasst ist, dass er nicht mit dem Maskierungspulver **4** in dem Zeitraum des Härtens des letztgenannten zusammengefügt wird, auf die obere Fläche des Sockels **49** gelegt, und die Wabenstruktur **86** wird an den Schutzfilm **49** angeordnet. Eine Erwärmungsvorrichtung wird als der Sockel **49** verwendet.

[0187] Das bei diesem Ausführungsbeispiel verwendete Maskierungspulver **4** enthält jeweils auf die Masse bezogen 55 Teile eines Epoxidharzes, das ein durch Wärme härten- des Harzpulver bildet, 45 Teile hochdichtes Polyethylen, das ein thermoplastisches Harzpulver bildet, 3 Teile Microsphere (Handelsname), das ein Schäummittel bildet, und zwei Teile eines oberflächenaktiven Stoffs, der einen Fluiditätsverstärker bildet.

[0188] Das Maskierungspulver **4** wird durch die Durchgangslöcher **20** des Harzfilms **2** beschickt und an den Zellenden der anderen Endfläche **862** angeordnet.

[0189] Dann wird das Maskierungspulver **4** durch den Sockel **49** erwärmt, der als die Erwärmungsvorrichtung

dient. Wie dies in der Fig. 13 gezeigt ist, wird infolgedessen das Maskierungspulver 4 geschmolzen und gehärtet, um die maskierten Abschnitte 40 auszubilden.

[0190] Der nächste Schritt ist ein Eintauchen der Endfläche 861 in den Schlamm 60, der ein Endflächenschließmaterial enthält, so dass das Eintreten des Schlamms 60 in die Zellen durch die Durchgangslöcher bewirkt wird. Wie dies in der Fig. 4 gezeigt ist, wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel für diesen Zweck eine Tauchvorrichtung 6 verwendet. Wie dies in der Fig. 4 gezeigt ist, hat die Tauchvorrichtung 6 eine Handhabungseinheit 61 zum Halten und Bewegen des Wabenstrukturkörpers 86, der ein Werkstück ist, einen Flüssigkeitsbehälter 62 zum Aufnehmen des Schlamms 60, der das Endflächenschließmaterial enthält, das sich aus einem Hauptmaterial zusammensetzt, das zur Bildung eines Cordierits nach dem Backen vorgesehen ist, und eine Steuereinheit 63 zum Steuern der Handhabungseinheit 6. Die Steuereinheit 63 ist mit einem Flüssigkeitsniveausensor 631 zum Erfassen des Flüssigkeitsniveaus des Schlamms 60 verbunden.

[0191] Beim Durchführen des Arbeitsgangs mit der Tauchvorrichtung 6 gemäß der Fig. 4 wird der Wabenstrukturkörper 86 zunächst an den Sockel 64 angeordnet, wobei die zu bearbeitende Endfläche unten ist. Dann wird der Wabenstrukturkörper 86 gehalten und auf eine vorbestimmte Höhe durch die Klemmvorrichtung 611 der Handhabungseinheit 6 angehoben, und die Handhabungseinheit 6 wird bewegt, um dadurch den Wabenstrukturkörper 86 zu einer Position über dem Schlamm 60 zu bewegen. Die Handhabungseinheit 6 wird abgesenkt, um die Endfläche des Wabenstrukturkörpers 86 in den Schlamm 60 einzutauchen.

[0192] Bei dem Prozess berechnet die Steuereinheit 63 die Tauchtiefe aus den Daten von dem Flüssigkeitsniveausensor 631 und dem durch die Handhabungseinheit 6 durchfahrenen vertikalen Abstand, und sie steuert die Handhabungseinheit 6 so, dass die gewünschte Tauchtiefe erhalten wird.

[0193] Infolgedessen tritt an der Endfläche 861 des Wabenstrukturkörpers 86 mit den Durchgangslöchern 20 der Schlamm 60 in die Zellen durch die Durchgangslöcher 20 ein.

[0194] Dann wird der Arbeitsgang unter Verwendung einer ähnlichen Tauchvorrichtung 6 an der anderen Endfläche 862 des Wabenstrukturkörpers 86 durchgeführt. In diesem Fall tritt der Schlamm 60 in die Zellen durch die Öffnungen ein, die keine maskierten Abschnitte 40 haben.

[0195] Die Flüssigkeitskomponente des Schlamms 60, der in jedes Zelle 82 eingetreten ist, wird in die Trennwände 81 dispergiert und mit einer erhöhten Feststoffkonzentration verfestigt. Danach wird der Wabenstrukturkörper 86 gebacken.

[0196] Auf diese Weise wird der Schlamm 60 gebacken und zu einem Schließmaterial 830 verfestigt, das jeden geschlossenen Abschnitt 83 ausbildet. Gleichzeitig werden der an der Endfläche 861 angebrachte Harzfilm 2 und die an der anderen Endfläche 862 angeordneten maskierten Abschnitte 40 ausgebrannt. Infolgedessen wird eine Wabenstruktur 8 erhalten, von der ein Teil der Zellen 82 geschlossen sind.

[0197] Die Vorgehensweise und die Wirkungen des gegenwärtigen Ausführungsbeispiels werden erläutert.

[0198] Bei diesem Ausführungsbeispiel entfällt der Prozess zum Einfüllen eines Wachses und zum Abschaben eines Teils von diesem gemäß dem Stand der Technik bei dem Schritt zum Maskieren der zwei Endflächen des Wabenstrukturkörpers 86. Insbesondere können die Durchgangslöcher 20 in einfacher Weise durch ein Erwärmen der Abschnitte der Endfläche 861 ausgebildet werden, an denen die Durchgangslöcher 20 in dem Harzfilm 2 auszubilden sind. Daher ist kein Objekt erforderlich, das physikalisch entfernt

werden muss, wodurch der Arbeitsgang stark vereinfacht ist.

[0199] Außerdem kann das Maskierungspulver 4 in einfacher Weise unter Verwendung des Harzfilms 2 nur an den Abschnitten der anderen Endfläche 862 beschickt werden, die die Maskierung erfordern. Die maskierten Abschnitte 40 können sehr einfach durch ein nachfolgendes Härten des Maskierungspulvers 4 ausgebildet werden.

[0200] Aus diesem Grund kann der Maskierungsschritt gegenüber dem Stand der Technik merklich verbessert werden, wodurch es möglich ist, die Arbeitszeit, die Anzahl der Schritte und die Produktionskosten zu reduzieren.

[0201] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird des weiteren der Laserstrahl 520, der ein Strahl mit hoher Energiedichte ist, auf den Harzfilm 2 gestrahlt, um dadurch die Durchgangslöcher 20 auszubilden. Infolgedessen können die Durchgangslöcher 20 genau und sehr einfach ausgebildet werden.

[0202] Zusätzlich ermöglicht gemäß diesem Ausführungsbeispiel die Verwendung der Durchgangslöchausbildungsvorrichtung 5 mit der vorstehend beschriebenen Bildverarbeitungseinrichtung 51 das genaue Erfassen der Positionen der Zellen selbst an einer Endfläche einer keramischen Wabenstruktur, die im Laufe der Herstellung unweigerlich empfindlich verformt wird. Insbesondere kann bei diesem Ausführungsbeispiel, bei dem ein transparenter oder lichtdurchlässiger Harzfilm verwendet wird, die Bildverarbeitungseinrichtung wirksam genutzt werden.

[0203] Durch eine Automatisierung des Arbeitsgangs zum Ausbilden der Durchgangslöcher unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Durchgangslöchausbildungsvorrichtung 5 kann die Effizienz verglichen mit dem herkömmlichen manuellen Arbeitsgang merklich verbessert werden.

[0204] Außerdem kann das Maskierungspulver 4 an den geforderten Positionen unter Verwendung der Durchgangslöcher 20 des Harzfilms 2 genau beschickt werden, wodurch das Problem einer fehlerhaften Maskierung der zwei Enden einer gegebenen Zelle vollständig beseitigt ist. Es ist daher möglich, eine Wabenstruktur 86 mit hoher Qualität zu produzieren.

[0205] Wie dies gemäß dem Herstellungsverfahren dieses Ausführungsbeispiels vorstehend beschrieben ist, kann der Prozess zum Schließen eines Teils der Zellen an den zwei Endflächen der Wabenstruktur 86 rationalisiert werden, und daher kann die Produktivität der Wabenstruktur 86 gegenüber dem Stand der Technik merklich verbessert werden.

#### Ausführungsbeispiel 8

[0206] Gemäß dem vorstehend beschriebenen siebten Ausführungsbeispiel wird der Schlamm 60 gehärtet, indem er gleichzeitig mit dem Wabenstrukturkörper 86 gebacken wird. Im Gegensatz dazu wird bei dem achten Ausführungsbeispiel der Wabenstrukturkörper 86 gebacken, bevor der Schlamm 60 in die Zellen des Wabenstrukturkörpers 86 eintritt. Außerdem ist der Schlamm 60 aus einem Dichtmittel (wie z. B. Aronceramic (Handelsname)) geschaffen, das die Keramik mit einer derartigen Charakteristik enthält, dass sie nach dem Beschicken so gehärtet wird, indem sie in der Luft für 15 bis 20 Minuten bei Raumtemperatur getrocknet und für eine Stunde bei 110 bis 120°C gehalten wird.

[0207] Auch in diesem Fall werden ähnliche Funktionen und Wirkungen wie bei dem siebten Ausführungsbeispiel erhalten.

[0208] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Zellenform des Wabenstrukturkörpers 86 anders als bei dem siebten Ausführungsbeispiel. Wie dies in der Fig. 5 gezeigt ist, haben insbesondere bei diesem Ausführungsbeispiel die Zellen des Wabenstrukturkörpers 86 eine dreieckige Form, so dass die Zellenden 82 eine dreieckige Form haben.

[0209] Auch in diesem Fall können die geschlossenen Abschnitte 83 durch ein Anordnen der Schließelemente 830 an einen Teil der Zellenden 82 ausgebildet werden, und die Funktionen und Wirkungen, die ähnlich wie bei dem siebten und dem achten Ausführungsbeispiel sind, können durch dasselbe Verfahren wie bei dem siebten und achten Ausführungsbeispiel erhalten werden.

[0210] Außerdem soll erwähnt sein, dass gemäß diesem Ausführungsbeispiel dieselbe Durchgangslochausbildungsvorrichtung 5 wie bei dem siebten Ausführungsbeispiel verwendet werden kann. Die vorstehend beschriebene Durchgangslochausbildungsvorrichtung 5 kann die Bestrahlungsposition des Strahls mit hoher Energiedichte durch die Bildverarbeitung kontaktlos bestimmen, wodurch es möglich ist, die Form und die Größe des Bestrahlungsobjekts sehr einfach zu verfolgen. Des weiteren können die Maskenabschnitte 40 an der anderen Endfläche in einfacher Weise an genauen Positionen ausgebildet werden, sofern die Durchgangslöcher 20 in dem Harzfilm 2 genau ausgebildet sind.

[0211] Infolgedessen kann die Verwendung der vorstehend beschriebenen Durchgangslochausbildungsvorrichtung 5 eine Vielzahl Arten von Wabenstrukturen in derselben Produktionslinie produzieren, wodurch eine bedeutende Rationalisierung des Prozesses erreicht wird.

[0212] Ein Verfahren zum Herstellen einer Wabenstruktur und eine bei der Herstellung der Wabenstruktur verwendete Durchgangslochausbildungsvorrichtung sind offenbart, wobei der Schritt zum Schließen eines Teils der Zellenden an einer Endfläche der Wabenstruktur rationalisiert ist. Beim Schließen eines Teils der Zellenden 82 an der Endfläche 861 eines Wabenstrukturkörpers 86 wird ein Film 2 so an die Endfläche 861 des Wabenstrukturkörpers 86 angebracht, dass er die Zellenden 82 bedeckt. Der Abschnitt des Films 2, der sich an den zu schließenden Zellenden 82 befindet, wird thermisch geschmolzen oder ausgebrannt, um dadurch Durchgangslöcher 20 auszubilden. Die Endfläche 861 wird in einen Schlamm getaucht, der ein Endflächenschließmaterial enthält, so dass ein Eintreten des Schlammes in die Zellenden 82 durch die Durchgangslöcher 20 bewirkt wird. Danach wird der Schlamm gehärtet, während der Harzfilm 2 gleichzeitig entfernt wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur, von der ein Teil von Zellenden geschlossen ist, die sich an einer Endfläche der Wabenstruktur befinden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Fertigen eines Wabenstrukturkörpers mit offenen Zellenden an den Endflächen und

Schließen eines Teils der Zellenden an einer Endfläche des Wabenstrukturkörpers, wobei der Schritt zum Schließen der Zellenden die folgenden Unterschritte aufweist:

Anbringen eines Films an die Endfläche des Wabenstrukturkörpers derart, dass zumindest ein Teil der Zellenden bedeckt ist,

Ausbilden von Durchgangslöchern durch ein thermisches Schmelzen oder Ausbrennen des Films, der sich

an den zu schließenden Zellenden befindet,

Eintauchen der Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, um dadurch ein Eintreten des Schlammes in die Zellenden durch die Durchgangslöcher zu bewirken, und Härten des Schlammes, während gleichzeitig der Film entfernt wird.

2. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 1, wobei die Durchgangslöcher in dem Film dadurch ausgebildet werden, dass ein Strahl mit hoher Energiedichte auf den Film ausgestrahlt wird, um so den Film zu schmelzen oder auszubrennen.

3. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 2, wobei ein transparenter oder lichtdurchlässiger Film verwendet wird und die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte zu bestrahlenden Positionen auf der Grundlage der Positionsinformationen der Zellenden bestimmt werden, die durch eine Bildverarbeitungseinrichtung zum visuellen Erkennen der Positionen der Zellenden durch den an der Endfläche des Wabenstrukturkörpers angebrachten Film hindurch gewonnen werden.

4. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 2, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte ein Laserstrahl ist.

5. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 3, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte ein Laserstrahl ist.

6. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur, von der ein Teil der an den Endflächen der keramischen Wabenstruktur befindlichen Zellenden geschlossen ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Fertigen eines Wabenstrukturkörpers, von dem alle Zellenden an den Endflächen offen sind;

Anbringen eines transparenten oder lichtdurchlässigen Harzfilms derart, dass eine der Endflächen des Wabenstrukturkörpers bedeckt ist;

Ausbilden von Durchgangslöchern durch Ausstrahlen eines Strahls mit hoher Energiedichte, wodurch die an den zu schließenden Zellenden befindlichen Harzfilmabschnitte geschmolzen oder ausgebrannt werden;

Anordnen des Wabenstrukturkörpers an einen Sockel, wobei die Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm oben ist und die andere Endfläche unten ist; Beschicken des Maskierungspulvers durch die Durchgangslöcher des Harzfilms und

Anordnen des Maskierungspulvers an den Zellenden der anderen Endfläche;

Ausbilden von Maskenabschnitten durch ein Härten des angeordneten Maskierungspulvers;

Eintauchen von jeder Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, und

Bewirken eines Eintretens des Schlammes in die Zellenden an der Endfläche mit dem daran angebrachten Harzfilm durch die Durchgangslöcher und an der Endfläche mit den Maskenabschnitten durch die Öffnungen, in denen die Maskenabschnitte fehlen; und Härten des Schlammes, während gleichzeitig der Harzfilm und die Maskenabschnitte entfernt werden.

7. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 6, wobei die mit dem Strahl mit hoher Energiedichte zu bestrahlenden Positionen auf der Grundlage der Positionsinformationen der Zellenden bestimmt werden, die unter Verwendung einer Bildverarbeitungseinrichtung zum visuellen Erkennen der Positionen der Zellenden durch den an den

Endflächen angebrachten Harzfilm hindurch gewonnen werden.

8. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 6, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte ein Laserstrahl ist.

9. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 6, wobei das Maskierungspulver durch Wärme härtendes Harzpulver enthält.

10. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 9, wobei das Maskierungspulver Harzpulver mit einem anderen Schmelzpunkt als das durch Wärme härtende Harzpulver enthält.

11. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 9, wobei das Maskierungspulver ein Schäummittel enthält.

12. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 9, wobei das Maskierungspulver einen Fluiditätsverstärker enthält, um die Fluidität in dem Zeitraum des Beschickens des Maskierungspulvers zu verstärken.

13. Durchgangslochausbildungsvorrichtung zum Ausbilden von Durchgangslöchern an gewünschten Positionen von Zellenden in einem transparenten oder lichtdurchlässigen Film, der zum Bedecken zumindest eines Teils der offenen Zellenden an einer Endfläche einer Wabenstruktur angebracht ist, wobei die Vorrichtung Folgendes aufweist:

eine Bildverarbeitungseinrichtung zum Gewinnen von Positionsinformationen durch ein visuelles Erkennen der Positionen der Zellenden durch den an der Endfläche angebrachten Film hindurch;  
eine Wärmestrahlereinrichtung zum Ausstrahlen eines Strahls mit hoher Energiedichte auf den Film; und  
eine Steuereinrichtung zum Bestimmen der Positionen der Bestrahlung mit dem Strahl mit hoher Energiedichte, um dadurch die Wärmestrahlereinrichtung auf der Grundlage der von der Bildverarbeitungseinrichtung abgegebenen Positionsinformationen zu betreiben.

14. Durchgangslochausbildungsvorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte ein Laserstrahl ist.

15. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur, von der ein Teil von Zellenden an einer Endfläche der keramischen Wabenstruktur geschlossen ist, wobei der Prozess zum Schließen des Teils der Zellenden an der Endfläche eines Wabenstrukturkörpers, der an der Endfläche mit offenen Zellenden gefertigt ist, die folgenden Schritte aufweist:

Gewinnen von Positionsinformationen der Zellenden unter Verwendung einer Bildverarbeitungseinrichtung zum Erkennen der Positionen der Zellenden;

Anbringen eines Films an die Endfläche des Wabenstrukturkörpers derart, dass zumindest ein Teil der Zellenden bedeckt ist;

Ausbilden von Durchgangslöchern durch ein thermisches Schmelzen oder Ausbrennen der an den zu schließenden Zellenden befindlichen Abschnitte des Films auf der Grundlage der Positionsinformationen; Eintauchen der Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, um dadurch ein Eintreten des Schlammes in die Zellenden durch die Durchgangslöcher zu bewirken; und

Härten des Schlammes, während gleichzeitig der Film entfernt wird.

16. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wa-

benstruktur, von der ein Teil von Zellenden an einer ihrer Endflächen geschlossen ist, wobei der Prozess zum Schließen des Teils der Zellenden an der Endfläche der Wabenstruktur, die an der Endfläche mit offenen Zellenden gefertigt ist, die folgenden Schritte aufweist:

Gewinnen von Positionsinformationen der Zellenden unter Verwendung einer Bildverarbeitungseinrichtung zum Erkennen der Positionen der Zellenden;

Ausbilden von Durchgangslöchern durch ein thermisches Schmelzen oder Ausbrennen der an Positionen entsprechend den zu schließenden Zellenden befindlichen Abschnitte des Films auf der Grundlage der Positionsinformationen;

Anbringen eines Films an die Endfläche des Wabenstrukturkörpers und Anordnen der Durchgangslöcher an die zu schließenden Zellenden;

Eintauchen der Endfläche in einen Schlamm, der ein Endflächenschließmaterial enthält, und

Bewirken eines Eintretens des Schlammes in die Zellenden durch die Durchgangslöcher; und Härten des Schlammes, während gleichzeitig der Film entfernt wird.

17. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 15, wobei die Durchgangslöcher des Films dadurch ausgebildet werden, dass ein Strahl mit hoher Energiedichte auf den Film ausgestrahlt wird, um so den Film zu schmelzen oder auszubrennen.

18. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 16, wobei die Durchgangslöcher des Films dadurch ausgebildet werden, dass ein Strahl mit hoher Energiedichte auf den Film ausgestrahlt wird, um so den Film zu schmelzen oder auszubrennen.

19. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 17, wobei der Strahl mit hoher Energiedichte ein Laserstrahl ist.

20. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 1, wobei die Durchgangslöcher in dem Film dadurch ausgebildet werden, dass eine erwärmte Lehre in einen Kontakt mit dem Film gebracht wird und der Film geschmolzen oder ausgebrannt wird.

21. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 15, wobei die Durchgangslöcher in dem Film dadurch ausgebildet werden, dass eine erwärmte Lehre in einen Kontakt mit dem Film gebracht wird und der Film geschmolzen oder ausgebrannt wird.

22. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 16, wobei die Durchgangslöcher in dem Film dadurch ausgebildet werden, dass eine erwärmte Lehre in einen Kontakt mit dem Film gebracht wird und der Film geschmolzen oder ausgebrannt wird.

23. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 1 oder irgendeinem der Ansprüche 15 bis 22, wobei die Größe von jedem Durchgangsloch, das in dem an den Zellenden angebrachten Film ausgebildet wird, entsprechend der Öffnungsfläche von jedem Zellende geändert wird.

24. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 1 oder irgendeinem der Ansprüche 15 bis 23, wobei die Durchgangslöcher im wesentlichen um den Schwerpunkt der Öffnungsfläche von jedem Zellende herum ausgebildet werden.

25. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 1 oder irgendeinem der



Ansprüche 15 bis 24, wobei der Film ein Harzfilm oder ein Wachblatt ist.

26. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 2 oder 17, wobei die Durchgangslöcher unter Verwendung eines Strahls mit hoher Energiedichte so ausgebildet werden, dass der Strahl mit hoher Energiedichte zunächst auf die Mitte von jedem auszubildenden Durchgangsloch aus- 5  
gestrahlt wird und die Bestrahlungsposition spiralartig relativ versetzt wird, um den Durchmesser des Durch- 10  
gangslochs auf die gewünschte Größe zu vergrößern.

27. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 2 oder 17, wobei die Durchgangslöcher so ausgebildet werden, dass die Be- 15  
strahlungsposition des Strahls mit hoher Energiedichte fixiert ist, während der Wabenstrukturkörper bewegt wird, um den Strahl mit hoher Energiedichte auf die ge-  
wünschte Position zu strahlen.

28. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 3, wobei die Bildverar- 20  
beitungseinrichtung die Positionsinformationen der Zellenden so erzeugt,

dass die Endfläche des Wabenstrukturkörpers in eine Vielzahl Blöcke segmentiert wird, wobei für jeden Block die Bilddaten für einen Bereich gesammelt wer- 25  
den, der den bestimmten Block und einen Abschnitt enthält, der mit zumindest einem Teil eines angrenzen-  
den Blocks dupliziert ist, und

dass die Bilddaten für alle Blöcke durch ein Überlagern der duplizierten Bereiche miteinander gekoppelt wer- 30  
den, um dadurch die Positionsinformationen der Zel-  
lenden für die gesamte Endfläche zu erzeugen.

29. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 15, wobei die Bildverar- 35  
beitungseinrichtung die Positionsinformationen der Zellenden so erzeugt,

dass die Endfläche des Wabenstrukturkörpers in eine Vielzahl Blöcke segmentiert wird, wobei für jeden Block die Bilddaten für einen Bereich gesammelt wer- 40  
den, der den bestimmten Block und einen Abschnitt enthält, der mit zumindest einem Teil eines angrenzen-  
den Blocks dupliziert ist, und

dass die Bilddaten für alle Blöcke durch ein Überlagern der duplizierten Flächen miteinander gekoppelt wer- 45  
den, um dadurch die Positionsinformationen der Zel-  
lenden für die gesamte Endfläche zu erzeugen.

30. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 28, wobei die Bildverar- 50  
beitungseinrichtung die Bilddaten unter Verwendung einer positionsfest angeordneten Kamera sammelt, während der Wabenstrukturkörper bewegt wird, um je-  
den Block sequentiell innerhalb des Bereiches eines Gesichtsfelds der Kamera anzuordnen.

31. Verfahren zum Herstellen einer keramischen Wabenstruktur gemäß Anspruch 28, wobei die Durch- 55  
gangslöcher für jeden Block ausgebildet werden, und wenn unmittelbar nach dem vollständigen Ausbilden der Durchgangslöcher für einen gegebenen Block ein Block vorhanden ist, der von irgendeinem angrenzen-  
den Block entfernt ist, werden die Durchgangslöcher 60  
für den entfernten Block ausgebildet.

- Leerseite -

Fig.1

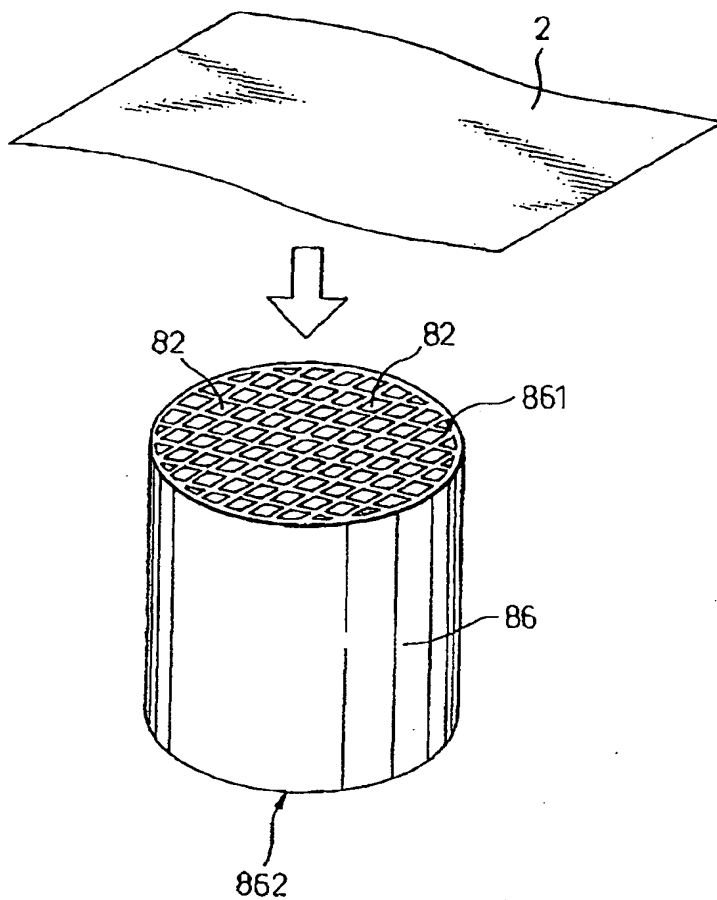


Fig.2

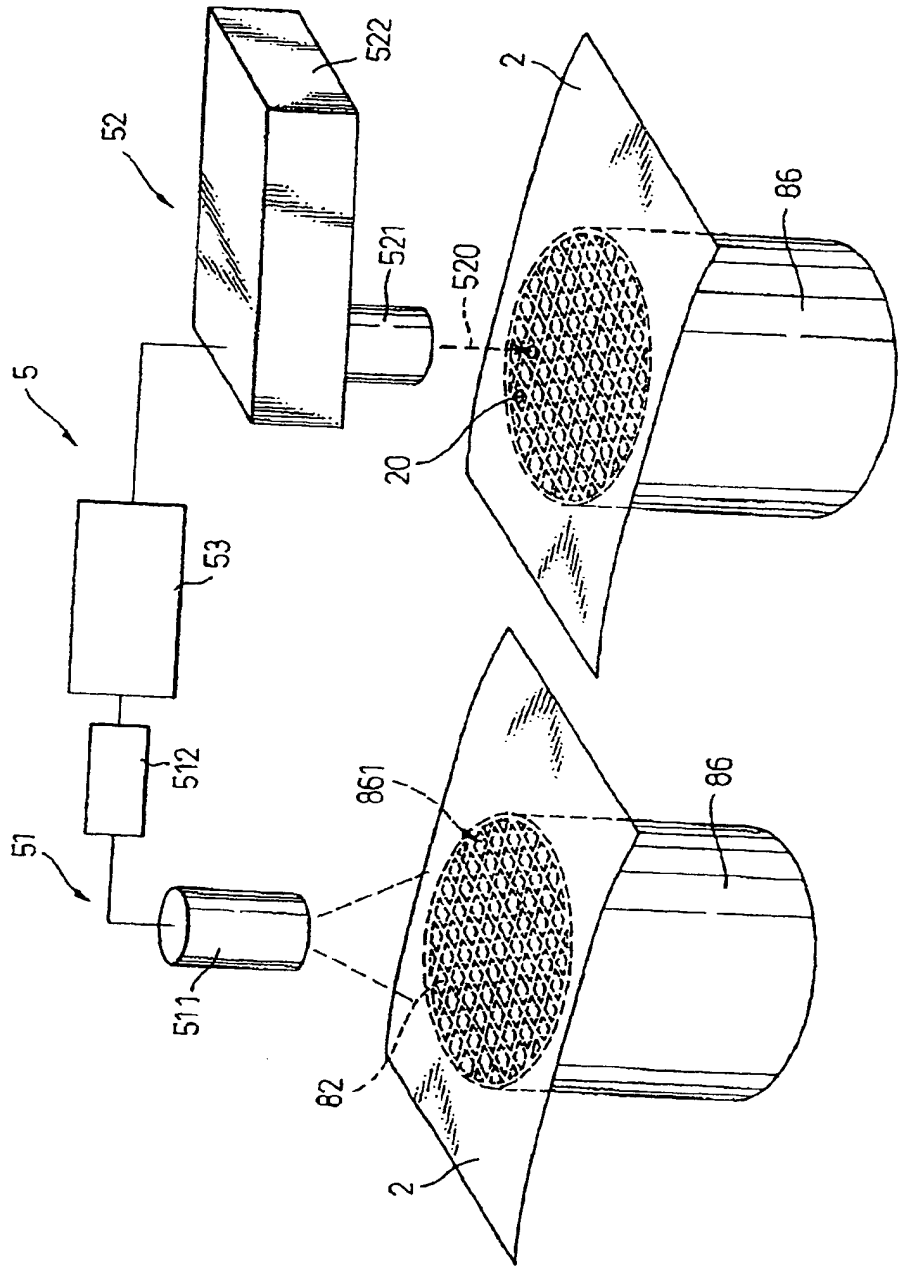


Fig.3

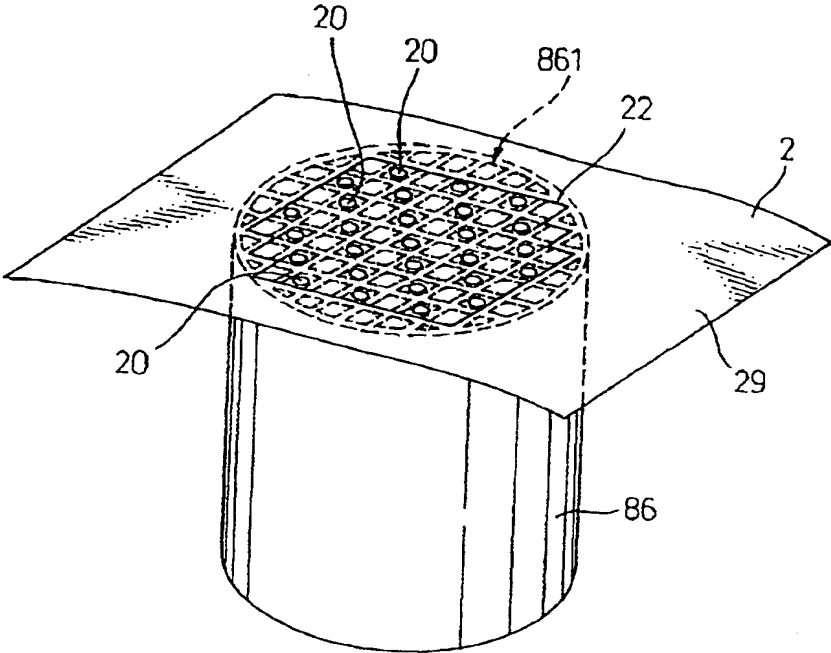


Fig.4

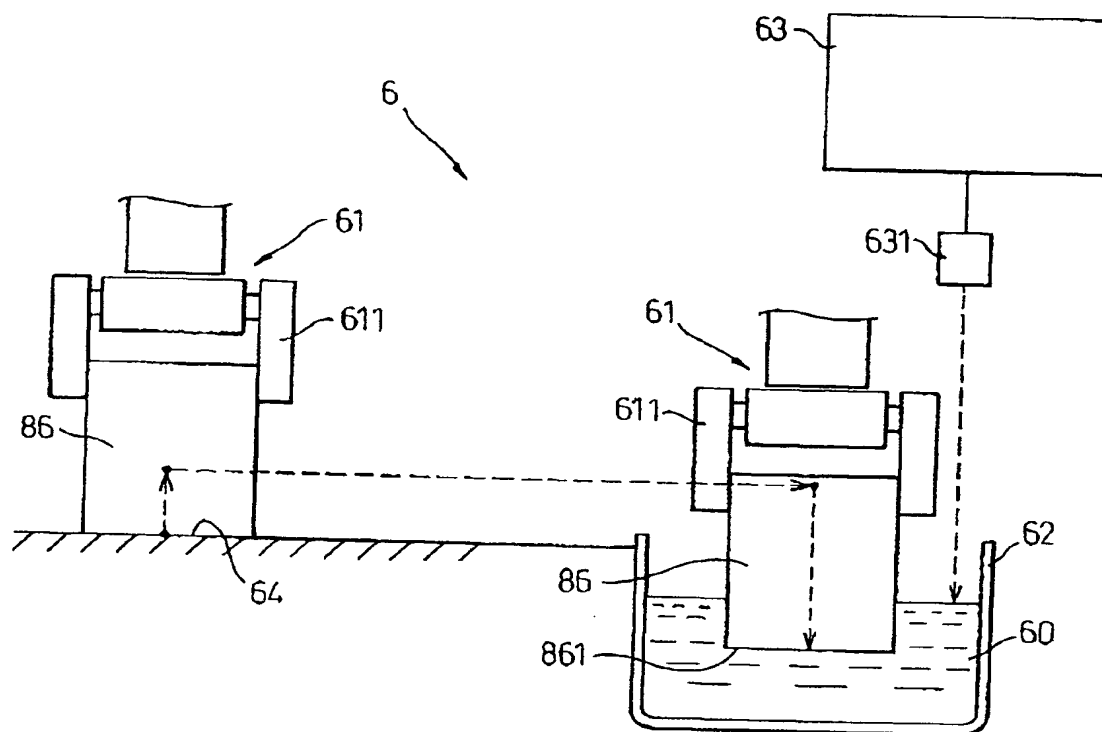


Fig.5

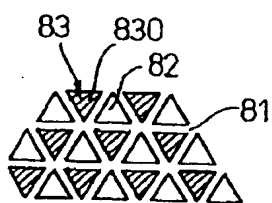
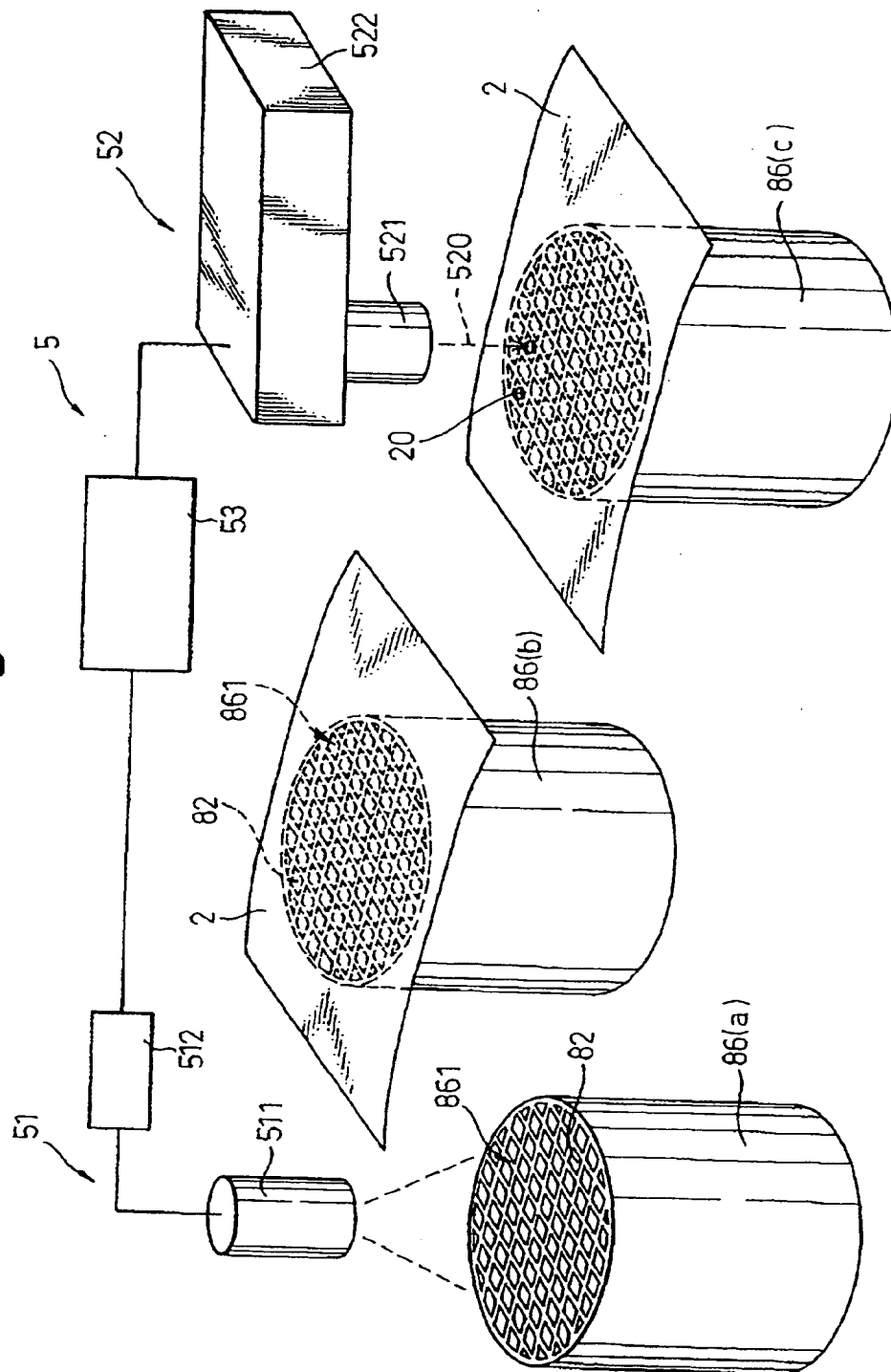


Fig.6





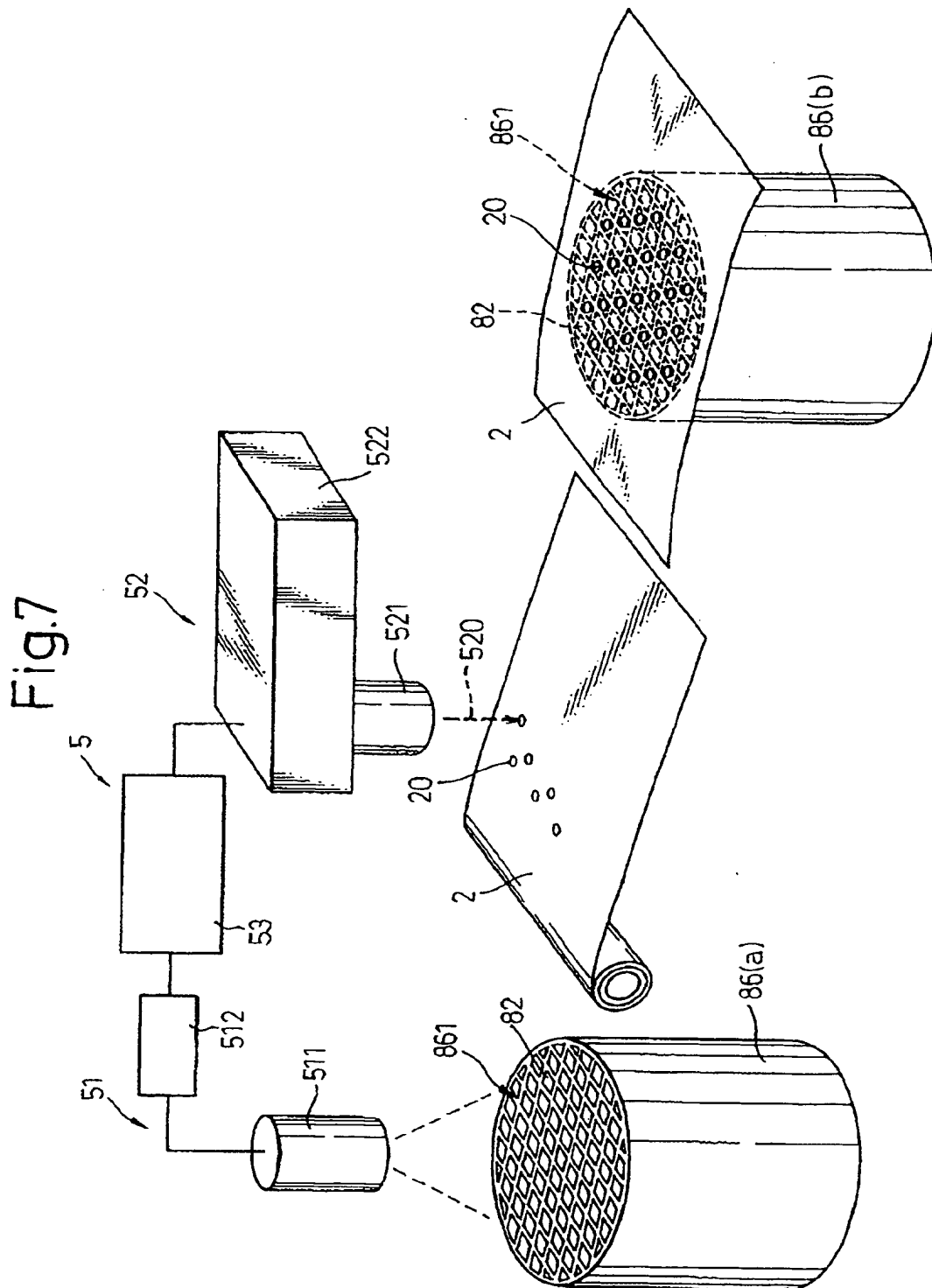


Fig.8

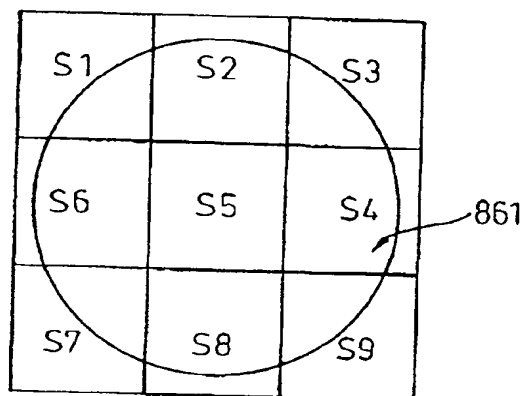


Fig.9

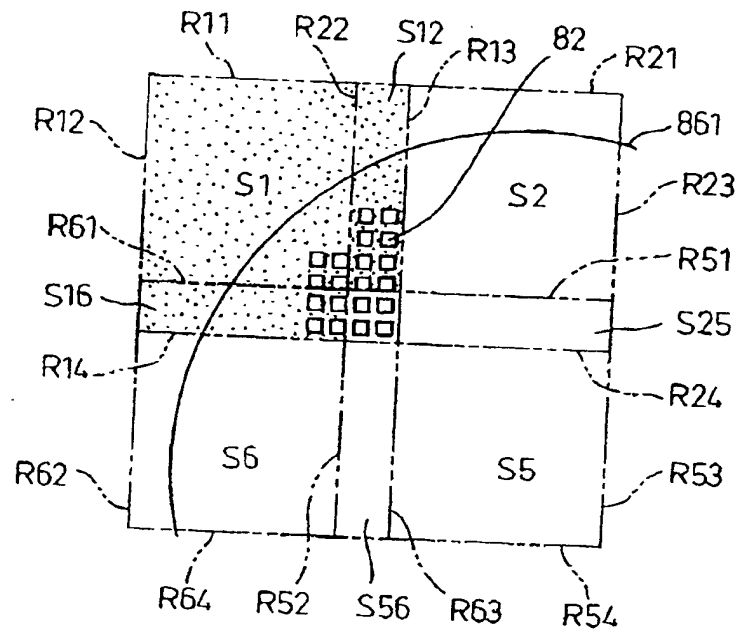
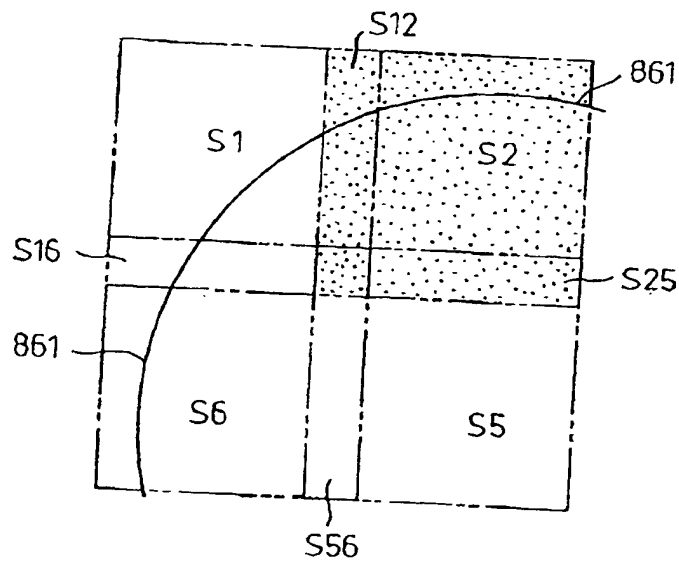


Fig.10



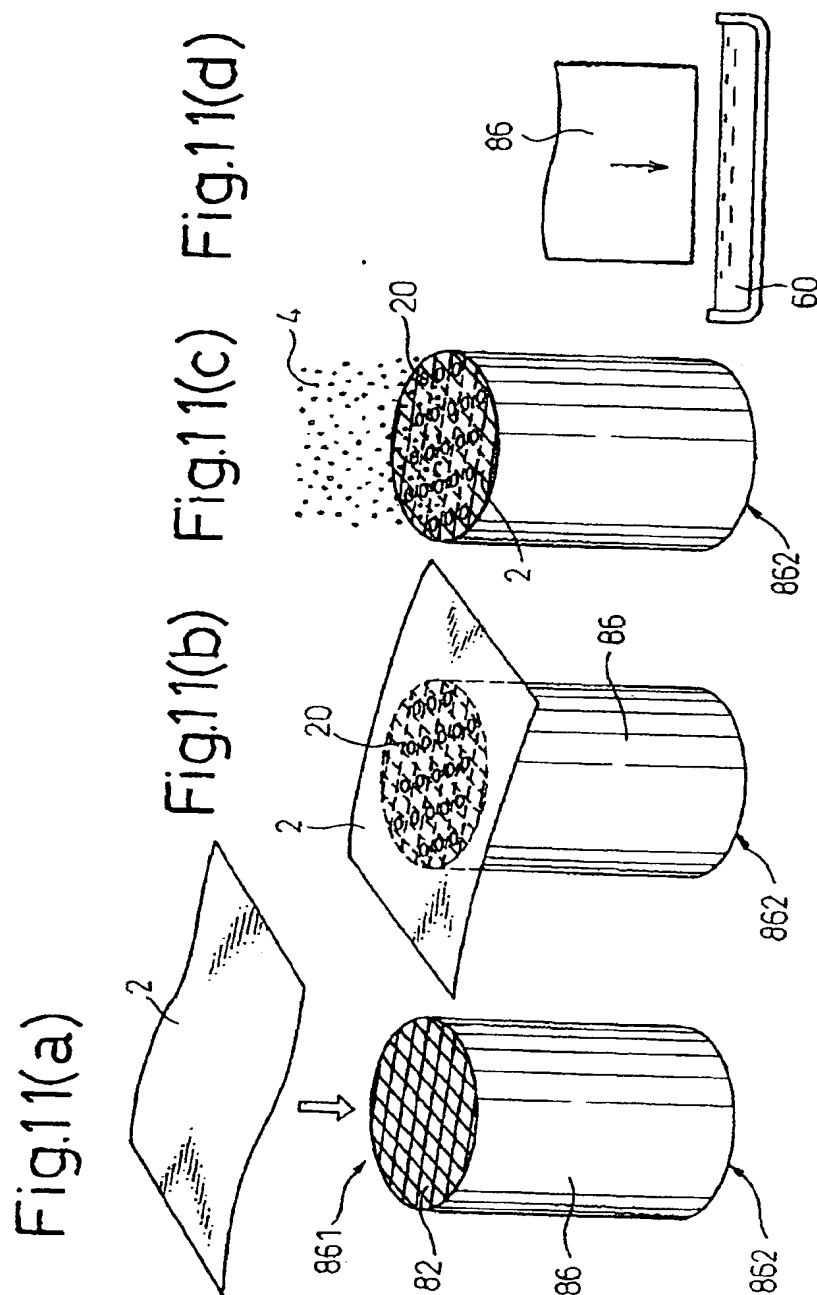


Fig.12

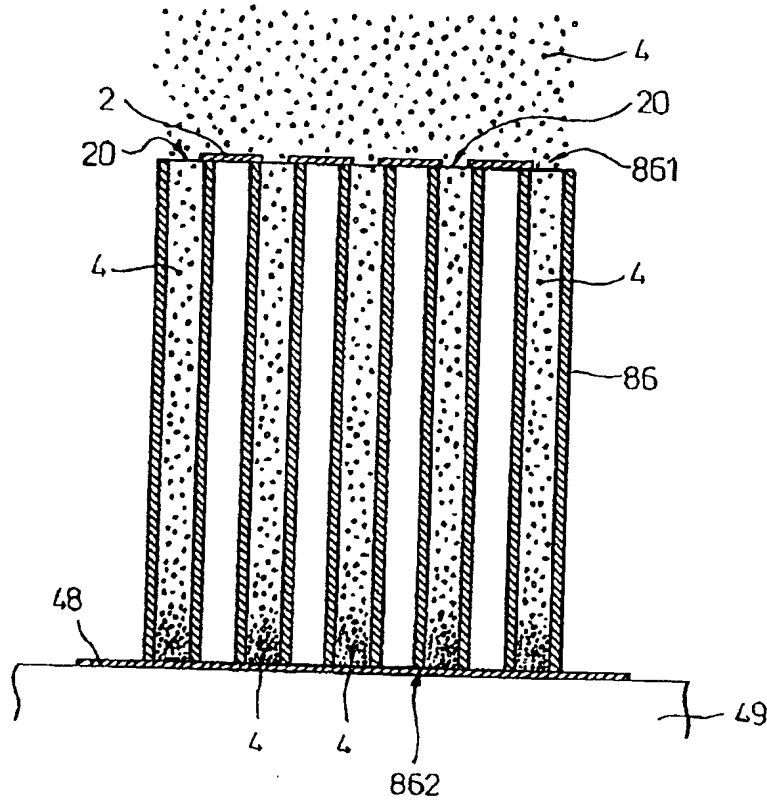


Fig.13

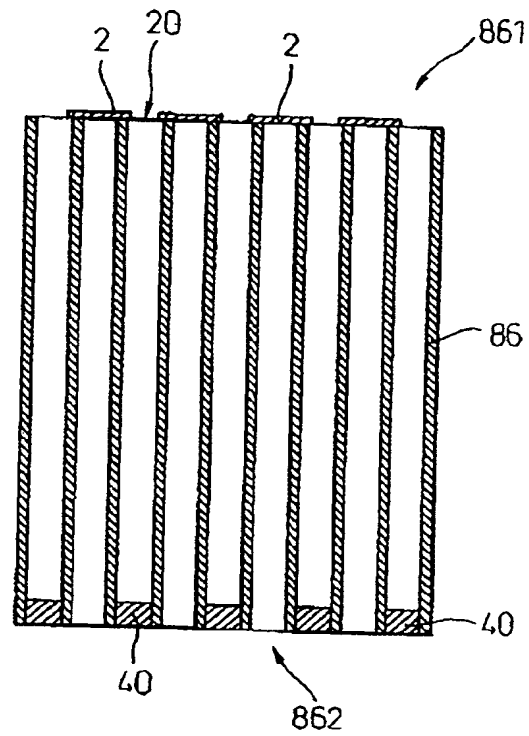


Fig.14(a)

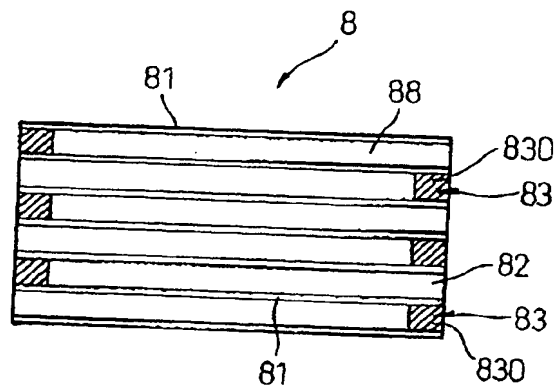


Fig.14(b)

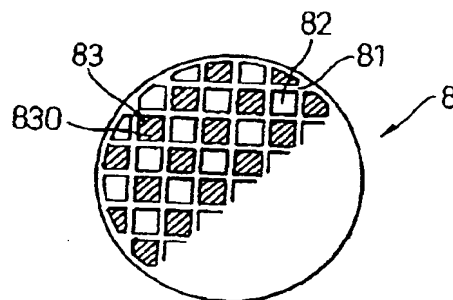
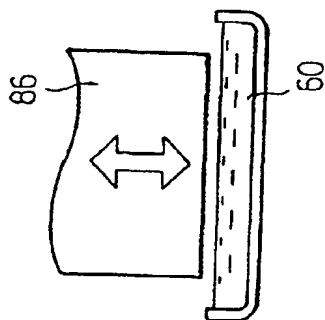
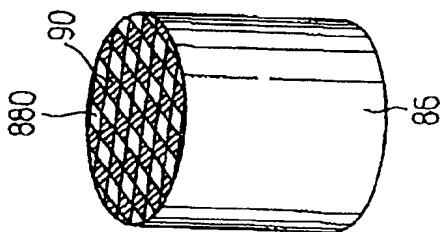
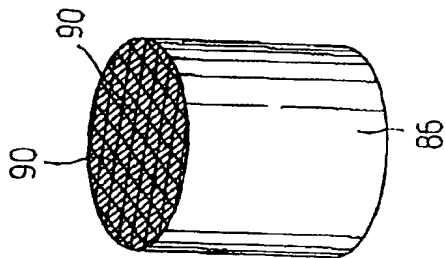
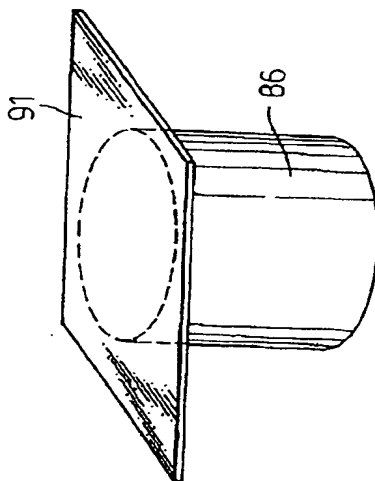




Fig.15(a) Fig.15(b) Fig.15(c) Fig.15(d)



19 **FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY**  
12 **GERMAN PATENT AND TRADE MARK OFFICE**  
**Offenlegungsschrift**

51 Int.Cl.<sup>7</sup>:  
**B 28 B 11/24**  
C 04 B 38/00

5

21 Application No.: 101 22 939.9  
22 Filing date: 11. 5.2001  
43 Date laid open to public inspection: 29.11.2001

10

30 Union priority:  
P 140213/00 12.05.2000 JP  
P 227490/00 27.07.2000 JP  
15 P 139177/01 09.05.2001 JP

71 Applicant:  
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

20 74 Representatives:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 Munich

72 Inventors:  
Yamaguchi, Satoru, Kariya, Aichi, JP; Kanmura, Hitoshi, Kariya, Aichi, JP;  
25 Muto, Akinobu, Kariya, Aichi, JP; Tanida, Toshiaki, Kariya, Aichi, JP

---

**The following information is taken from the documents filed by the Applicant**

30 54 A process for producing a ceramic honeycomb structure and an apparatus for forming passageway holes.

57 A process for fabricating a honeycomb structure and a passageway hole formation apparatus which is used for the production of the honeycomb structure are disclosed, wherein the step of closing part of the cell ends at an end face of the honeycomb structure is made more efficient. When closing part of the cell ends (82) at the end face (861) of a honeycomb structure body (86), a film (2) is applied to the end face (861) of the honeycomb structure body (86) so that it covers the cell ends (82). The section of the film (2) which is situated at the cell ends (82) to be closed is thermally liquefied or is burned out in order to form passageway holes (20). The end face (861) is immersed in a slurry which contains an end face closure material, so that the slurry is caused to enter the cell ends (82) of the passageway holes (20). Thereafter, the slurry is hardened whilst the resin film (2) is simultaneously removed.

35

40

### Description

5 The present invention relates to a process for producing a ceramic honeycomb structure comprising some closed cell ends and to a passageway hole formation apparatus which is used in said production process.

10 As shown in Figures 14(a) and 14(b), a filter structure for capturing particulate materials in the exhaust gas of a vehicle, for example, has the form of a ceramic honeycomb structure 8 in which a plurality of cells 88 is defined by partition walls 81, wherein the ends of alternate cells 88 are closed with a closure material 830.

15 As shown in Figure 15, during the production of this ceramic honeycomb structure 8 of special form a honeycomb structure body 86 is fabricated in which both ends of each cell 88 are open, and a closure material 830 (Figures 14(a) and 14(b)) is introduced in order to close the open cell ends.

20 In the prior art, the process for closing the cell ends of the honeycomb structure body 86 is carried out in the manner described below.

25 As shown in Figures 15(a) and 15(b), an end face of the honeycomb structure body 86 is covered by a sheet of wax 91 and is pressed against the latter in order to introduce the wax 90 into the ends of the cells 88. As shown in Figure 15(c), the wax 90 which is introduced into the cell ends to be closed is then scraped off manually using a template or the like, in order thereby to form open cell ends.

30 The honeycomb structure body 86 is immersed in a slurry 60 which contains an end closure material, wherein the end face of the body 86 which is filled with wax 90 is at the bottom, so that the slurry 60 enters the cell ends 88 which do not contain wax 90. The slurry 60 is then dried or baked, whilst the wax 90 is simultaneously removed. In the situation where the closed section 83 is to be formed at the two end faces of the honeycomb structure, the aforementioned process is repeated as far as the immersion of the other end face in the slurry.

In the conventional process for fabricating a honeycomb structure as described above, the following problems occur:

5 As described above, the process for closing the cell ends in particular comprises many complicated steps for removing the wax 90 which is introduced. However, as the thickness of the honeycomb structure and the cell size decrease, it is increasingly more difficult to remove the wax 90 manually, whereby the number of steps is further increased.

10

Furthermore, in the situation where the closed section 83 is formed at the two end faces of the honeycomb structure body 86, the process for introducing the wax 90 and for removing part of the latter is necessary for each of the two end faces. Of all the processes employed, this is one of the processes which is in need of improvement in order to produce a honeycomb structure.

15

The present invention was conceived with regard to the aforementioned problems of the prior art, and provides a process for producing a honeycomb structure, and a passageway hole formation apparatus which is used in said production process, with which the steps for closing the ends of part of the cells on at least one end face of the honeycomb structure can be improved.

20

Figure 1 is a schematic illustration of the step of applying a resin film to the honeycomb structure body according to a first example of the invention.

25

Figure 2 is a schematic illustration of the step of forming passageway holes according to the first example.

Figure 3 is a schematic illustration of the situation in which passageway holes and an outline are formed according to the first example.

30

Figure 4 is a schematic illustration of the step of immersion in a slurry according to the first example.

Figure 5 is a schematic illustration of the cell shape of the honeycomb structure according to a third example of the present invention.

Figure 6 is a schematic illustration of the steps as far as the passageway hole formation step according to a fourth example of the invention.

Figure 7 is a schematic illustration of the steps as far as the passageway hole formation step according to a fifth example the invention.

5 Figure 8 is a schematic illustration of the division into blocks according to a sixth example of the invention.

Figure 9 is a schematic illustration of the region of a block S1 according to the sixth example.

10 Figure 10 is a schematic illustration of the region of a block S2 according to the sixth example.

Figures 11(a) to 11(d) are schematic illustrations of the production process according to a seventh example of the invention, wherein Figure 11(a) shows the step of applying a resin film to the honeycomb structure body, Figure 11(b) shows the step of forming passageway holes in the resin film, Figure 11(c) shows the step of providing the  
15 masking powder and Figure 11(d) shows the step of impregnating the cell ends with the slurry.

Figure 12 is a schematic illustration of a step of feeding the masking powder according to the seventh example.

20 Figure 13 is a schematic illustration of the situation in with which a masked section 40 is formed according to the seventh example.

Figures 14(a) and 14(b) are schematic illustrations of the conventional honeycomb structure, where Figure 14(a) is a sectional view and Figure 14(b) is a front view.

Figures 15(a) to 15(d) are schematic illustrations of the step for closing the cell ends according to the prior art.

25

According to a first aspect of the invention, a process is provided for producing a ceramic honeycomb structure, part of the cell ends of which, which are situated at an end face of the honeycomb structure, is closed, wherein the process comprises the steps of fabricating a honeycomb structure body with open cell ends at the end faces, and of  
30 closing part of the cell ends at an end face of the honeycomb structure body, wherein the step for closing the cell ends comprises the subsidiary steps of applying a film to the end face of the honeycomb body to cover at least part of the cell ends, of forming passageway holes by thermally liquefying or burning out the film which is situated at

the cell ends to be closed, and of immersing the end face in a slurry which contains an end face closure material, whereby the slurry enters the cell ends through the passageway holes, and of hardening the slurry whilst the film is simultaneously removed.

5

The most noteworthy point of this aspect of the invention is that the film which is applied to the end face is thermally liquefied or burned out in order to form the passageway holes.

- 10 The film is produced from a resin which can be thermally liquefied or burned out. A film of thermoplastic synthetic resin can be used, for example. Various processes can be used for applying the film, including a process which employs an adhesive film which is coated beforehand with an adhesive, a process in which an adhesive is applied to the honeycomb structure body or the film during the film application step, or a
- 15 process in which the film is fusion-welded without any adhesive.

The slurry containing the end face closure material can be hardened by a drying or baking process or by any other hardening means.

- 20 The step of impregnating the cell ends with the slurry can be performed either before or after the baking of the honeycomb structure body. Depending on whether this step is performed before or after the baking of the honeycomb structure body, the composition of the slurry, the process for hardening the slurry, etc., are preferably adapted accordingly.

25

The procedure employed and the effects of this aspect of the invention will now be explained.

- 30 According to this aspect of the invention, the film is applied to an end face of the honeycomb structure body, and then the desired sections of the film are thermally liquefied or are burned out in order to form passageway holes. Therefore, the step which is usually necessary, namely of scraping off the wax which is introduced, is dispensed with. In other words, there is no object which has to be physically removed,

since the passageway holes are formed in a simple manner by heating the sections of the film at which the passageway holes are to be formed, and the operation is therefore considerably simplified.

- 5 Even in a situation where the process is carried out manually as in the prior art, the efficiency can therefore be considerably improved compared with the conventional process of scraping off the wax introduced into the cell ends.

10 After forming the passageway holes, the end face is immersed in a slurry which contains an end face closure material, the cell ends are impregnated with the slurry through the passageway holes, and the slurry is then hardened in order thus to form the closed sections. In this manner, the cell ends can be closed in a simple manner.

15 Finally, the film can be removed by burning it out, for example. This removal operation is very simple. In order to remove the film, heat can be applied simultaneously with or independently of any drying or baking process to which the slurry may be subjected. Alternatively, the film can be removed mechanically instead of by burning it out.

20 As described above, in the production process according to this aspect of the invention the step of closing part of the cell ends at the end face of the honeycomb structure body can be improved, which, compared with the prior art, results in an appreciable improvement in the productivity of the honeycomb structure, part of the cell ends of which is closed.

25 The film which is used for this aspect of the invention can be produced from a natural material such as cellophane or from a synthetically produced material such as PET (polyethylene terephthalate), PP (polypropylene) or polyester.

30 According to a second aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes in the film are preferably formed by treating the film with a beam of high energy density in order thereby to liquefy the film thermally or to burn it out. In a situation such as this, the film can be liquefied or burned out by the heat transmitted by with the beam of high



energy density, and the passageway holes can be formed in a simple manner. Moreover, the position which is irradiated with the beam of high energy density can be controlled with a degree of accuracy such that that the positions at which the passageway holes are to be formed can be accurately controlled and the process can be automated in a comparatively simple manner.

The passageway holes can also be formed in the film by bringing a heated template into contact with the film and liquefying or burning out the film.

According to a third aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which a transparent or light-transmitting film is preferably used and the positions which are to be irradiated with the beam of high energy density are determined based on positional information for the cell ends which is obtained by an image processing device for visually identifying the positions of the cell ends through the film which is applied to the end face of the honeycomb structure body. Even in a situation in which the ceramic honeycomb structure body is unavoidably deformed in the course of production, the positions of the cell ends can be accurately determined by the image processing device, and the positions which are to be irradiated with the beam of high energy density can be determined based on the positions of the cell ends which are thus determined. In this manner, the accuracy of the step of forming the passageway holes can be improved, and the automation of the same step can be assisted.

According to a fourth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the beam is preferably a laser beam of high energy density. In a situation such as this, light with the thermal power necessary for liquefying or burning out the film can be obtained accurately and in a simple manner. Furthermore, fine adjustment is simple. The laser beam can be a CO<sub>2</sub> laser beam, a YAG laser beam or any other laser beam which is generated from any laser source.

According to a fifth aspect of the invention, a process is provided for producing a ceramic honeycomb structure, some of the cell ends of which, which are situated at the

end faces of the ceramic honeycomb structure, are closed, wherein the process comprises the following steps:

preparing a honeycomb structure body, all the cell ends of which at the end faces are open;

5 applying a transparent or light-transmitting resin film so that one of the end faces of the honeycomb structure body is covered;

forming passageway holes by thermally liquefying or baking out the resin film sections situated at the cell ends to be closed;

10 placing the honeycomb structure body on a base, wherein the end face with the resin film applied thereto is at the top and the other end face is at the bottom;

feeding masking powder through the passageway holes of the resin film, and disposing the masking powder at the cell ends of the other end face;

forming masked sections by hardening the disposed masking powder;

15 impregnating each end face with a slurry which contains an end face closure material, and causing the slurry to enter the cell ends through the passageway holes at the end face with the resin film applied thereto and through openings in which there are no masked sections at the end face with the masked sections; and

hardening the slurry whilst simultaneously removing the resin film and the masked sections.

20

The most noteworthy point of this aspect of the invention is that the process for masking the two end faces of the honeycomb structure is carried out by applying a resin film to one of the end faces, which resin film is used as a masking element which is formed with passageway holes for one of the end faces, whilst for the other end face  
25 it is used as a masking element which is formed with the masked sections using the masking powder.

A film produced from a resin which can be thermally liquefied or burned out is used as the aforementioned resin film. For example, a film can be used which is produced from  
30 a thermoplastic synthetic resin. Furthermore, the resin film can be applied by any one of various processes, including a process which employs an adhesive film which forms a resin film which is coated beforehand with an adhesive, and a process in which a resin film without any adhesive is welded.

A masking powder is used which can be hardened after it has been disposed at the cell ends. Hardening can be effected by any one of various processes, including a process in which part of the powder or the entire powder is liquefied and consolidated by heat,  
5 and a process in which adjacent powder particles are bonded by a chemical reaction.

The slurry containing the end face closure material can be hardened by a drying or baking operation or by any one of various other processes for hardening.

10 The step of causing the slurry to enter the cell ends can be carried out either before or after the baking of the honeycomb structure body. The composition and the hardening process of the slurry are preferably altered depending on whether this step is performed before or after the honeycomb structure body is baked.

15 In this aspect of the invention, the step of masking the interfaces of the honeycomb structure body comprises a subsidiary step of applying the resin film at one of the end faces and of forming passageway holes by liquefying or burning out the desired sections of the resin film. Consequently, one of the end faces is masked with the resin film.

20 The passageway holes are formed in the resin by irradiating the resin film with a beam of high energy density, order thus to liquefy or burn out the film. The film can immediately be liquefied or burned out by the heat transmitted by the beam of high energy density, and the passageway holes can be formed in simple manner. Moreover,  
25 the position of irradiation with the beam of high energy density can be controlled with an accuracy such that positions of the passageway holes can be controlled accurately, and automation can be effected comparatively simply.

The other end face is then masked using the process described above for masking the  
30 resin film.

As described above, the honeycomb structure body is disposed in particular on a base, wherein the end face with the resin film applied thereto is at the top and the other end

face is at the bottom. Consequentially, the cell ends of the other, bottom end face are closed by the base. In this situation, the masking powder is supplied through the passageway holes of the resin film. The masking powder is disposed at the cell ends of the other end face. The masking powder which is disposed in this manner is then  
5 hardened in order to form masked sections.

Thereafter, the two end faces are impregnated with a slurry which contains an end face closure material. The slurry thereby enters the cell ends through the passageway holes at the end face with the resin film applied to it. In addition, the slurry enters the cell  
10 ends at the end face with the masked sections through the openings in which there are no masked sections.

By hardening the slurry with the simultaneous removal of the resin film and the masked sections, the desired ceramic honeycomb structure is obtained.

15 Finally, the resin film and the masked sections can be removed by burning them out, for example. The removal operation is very simple in a case such as this. In order to remove the resin film or the like, heat can be applied simultaneously with or independently of the process for drying or baking the slurry, if the latter process is  
20 effected.

Furthermore, the resin film and the masked sections can be removed mechanically instead of by burning them out.

25 The procedure and the effects of this aspect of the invention will now be explained.

In this aspect of the invention, as distinct from the prior art, the step of masking the two end faces of the honeycomb structure body does not necessitate an operation for introducing wax and for scraping off part of the wax. In particular, the passageway  
30 holes on one end face can be formed simply by heating the sections of the resin film on which the passageway holes are to be formed, and nothing has to be removed in this considerably simplified process. At the other end face, the masking powder can be

supplied in a simple manner only at the places which are to be masked using the resin film, and the masked sections can therefore be formed in a very simple manner.

5 Consequently, the masking process can be considerably improved compared with the profile art, because the operating time, the number of steps and the production costs are reduced.

10 Furthermore, in this aspect of the invention the process for forming the passageway holes in the resin film can be automated by using a machine, to provide a further improvement in operating efficiency.

15 Moreover, the masking powder is supplied accurately at the desired positions for the passageway holes in the resin film without the two ends of a given cell being masked incorrectly. A honeycomb structure of high quality can thus be produced

This aspect of the invention can thus provide a process for producing a honeycomb structure in which the process for closing part of the cell ends at the end faces of the honeycomb structure is improved.

20 The resin film which is used in this aspect of the invention can either be a natural material such as cellophane, or a synthetic material such as PET (polyethylene terephthalate), PP (polypropylene) or polyester.

25 According to a sixth aspect of the invention, a process is provided for producing a ceramic honeycomb structure in which the positions to be irradiated by the beam of high energy density are preferably determined based on positional information for the cell ends which are obtained using an image processing device for visually identifying the positions of the cell ends through the resin film applied to the end faces. The positions of the ends can be accurately determined by the image processing device even  
30 in a situation where the ceramic honeycomb structure body is unavoidably deformed in the course of production, and the positions to be irradiated by the beam of high energy can be determined based on the positions of the cell ends which are determined in this

manner. Thus the accuracy of the step of forming the passageway holes is improved, and at the same time automation can be assisted.

According to a seventh aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provide in which the beam is preferably a laser beam of high energy density. In a situation such as this, light with the thermal power necessary for liquefying or burning out of the film an be obtained in a simple and accurate manner. Furthermore, fine adjustment is simple. The laser beam can be a CO<sub>2</sub> laser beam, a YAG laser beam or any other laser beam which is generated from any laser source.

According to an eighth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the masking powder preferably contains thermally hardening resin powders. In a situation such as this, the thermally hardening resin powder can be hardened after disposing the masking powder at the cell ends of the other end face. In this manner, the masked sections can be formed in a simple manner by hardening the masking powder.

The thermally hardening resin powder can be an epoxy resin, phenol, melamine, etc.

According to a ninth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the masking powder contains a resin powder with a melting point different from that of the thermally hardening resin powder. In a situation such as this, a type of resin powder (the thermally hardening resin powder or the resin powder which has a different melting point) is liquefied, whilst the other kind of resin powder retains its solid state. Consequently, the solid resin powder is uniformly distributed, which improves the uniformity of the masked sections.

The aforementioned resin powder which has a different melting point can either be a thermally hardening resin or a thermoplastic resin powder. The thermoplastic resin powder can be polyethylene powder, polypropylene or polystyrene.

According to a tenth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the masking powder preferably contains a

foaming agent. In a situation such as this, foaming can occur between the particles of the thermally hardening resin during the time in which the masking powder hardens, and a volume between the particles and intermediate spaces which could otherwise be present around each masked section can be completely eliminated by the expansion in  
5 volume of the masked section. Microspheres (trade name) constitute a specific example of a foaming agent.

According to an eleventh aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the masking powder preferably contains a  
10 fluidity enhancer in order to increase the fluidity within the period of feeding the masking powder. In a situation such as this, the masking powder which is supplied can have a comparatively high density, whereby it is simple to achieve a high level of consolidation during subsequent hardening. Specific examples of fluidity enhancers include a surface-active material which exerts a surface lubrication effect or a surface-  
15 active material which prevents surface charging.

According to a twelfth aspect of the invention, a passageway hole formation apparatus is provided for forming passageway holes at the desired sections of the cell ends in a transparent or light-transmitting film which is applied for covering at least part of the  
20 open cell ends on an end face of a honeycomb structure, in which the apparatus comprises an image processing device for obtaining positional information by visually identifying the positions of the cell ends through the film applied to the end face, a thermal radiation device for emitting a beam of high energy density on to the film, and a controller for determining the positions to be irradiated with the beam of high energy  
25 density, in order thereby to operate the thermal radiation device based on the positional information supplied by the image processing device.

With the passageway hole formation apparatus according to this aspect of the invention, the beam of high energy density irradiated accurately according to the  
30 positional information for the cell ends which is obtained by the image processing device. Using this passageway hole formation apparatus, the step of closing part of the cell ends when producing the honeycomb structure can be considerably improved compared with the prior art.

According to a thirteenth aspect of the invention, a passageway hole formation apparatus is provided, wherein the beam is preferably a laser beam of high energy density as in the aforementioned case.

5

According to a fourteenth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure, part of the cell ends of which is closed at an end face of the ceramic honeycomb structure is provided in which the process for closing part of the cell ends of an end face of a honeycomb structure body which is produced with open cell ends at an the end face comprises the following steps:

10

obtaining positional information on the cell ends by using an image processing device for identifying the positions of the cell ends;

applying a film to the end face of the honeycomb structure body so that at least part of the cell ends is covered;

15

forming passageway holes by thermally liquefying or burning out sections of the film situated at the cell ends to be closed, based on the positional information;

immersing the end face in a slurry which contains an end face closure material in order thereby to cause the slurry to enter the cell ends through the passageway holes; and

hardening the slurry whilst the film is simultaneously removed.

20

In the process according to this aspect of the invention the positional information on the cell ends at an end face is obtained before applying the film to the end face. After applying the film to the end face, passageway holes are formed in the film in accordance with positional information obtained. During the period of obtaining said positional information there is no film covering the cell ends, and therefore unambiguous image data and very accurate positional information can be obtained. In view of the fact that the film can be applied subsequently, it is moreover not necessary for the film to be a transparent or light-transmitting film, and an opaque film can be used.

25

30

According to a fifteenth aspect of the invention, a process is provided for producing a ceramic honeycomb structure in which part of the cell ends is closed at one of its end faces, wherein the process for closing part of the cell ends at an end face of the



honeycomb structure which is produced with open cell ends at an end face comprises the steps of obtaining positional information on the cell ends by using an image processing device for identifying the positions of the cell ends, applying a film to the end face of the honeycomb structure body so that at least part of the cell ends is covered, forming passageway holes by thermally liquefying or burning out sections of the film situated at the cell ends to be closed based on the positional information, immersing the end face in a slurry which contains an end face closure material in order thereby to cause the slurry to enter the cell ends through the passageway holes, and hardening the slurry whilst the film is simultaneously removed.

10

In this aspect of the invention, the positional information is obtained at an end face before applying the film to said end face. Moreover, the passageway holes in the film are formed, based on the positional information, before applying the film to an end face. In this situation, the process for forming passageway holes in the film can therefore be carried out separately. Consequently, it is impossible for the honeycomb structure body or its other end face to be adversely effected during the period for forming the passageway, whereby the ease of manufacture of a ceramic honeycomb structure is improved.

15

According to a sixteenth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes of the film are preferably formed by irradiating the film with a beam of high energy, whereby the film is liquefied or burned out. Consequently, the positions at which the passageway holes are to be formed can be accurately controlled, as in the previous case. Furthermore, the process for forming the passageway holes can be automated comparatively simply.

20  
25

According to a seventeenth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the beam is preferably a laser beam of high energy density. In this situation, the positions which are to be treated with the laser beam and the thermal power thereof are controlled with high accuracy, and therefore the accuracy for forming the passageway holes can be improved.

30

According to an eighteenth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes are formed in the film by bringing a heated template into contact with the film and liquefying or burning out the film. In a situation such as this, a device such as a template can which operates  
5 similarly to a soldering iron is used, for example, which is relatively simple compared with an emitter device for high-energy radiation, and the construction costs of which are also less.

According to a nineteenth aspect of the invention, a process for producing a ceramic  
10 honeycomb structure is provided in which the size of each passageway hole which is formed in the film applied to the cell ends is preferably altered corresponding to the opening area of each cell end. In particular, the opening area of the cell ends which are open at the end faces of the honeycomb structure is not necessarily equal, but varies somewhat from one cell end to another. In particular, the end face in contact with the  
15 outer peripheral edge frequently has a smaller opening area. In the situation in which the opening area can vary as described above, the size of each passageway hole changes corresponding to its opening area. A large passageway hole is formed in particular for a big opening area, and vice versa. Consequently, an appropriate amount of slurry can be introduced in accordance with the opening area, and the difference in  
20 thickness between the closed sections can be reduced.

The opening area and the size of the passageway holes can be proportional to each other. Furthermore, the value of the opening area can be segmented in predetermined areas in order thereby to form groups in which the size of the passageway hole is  
25 defined in each case by fixing on a constant value. Other processes can also be used.

According to a twentieth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes are preferably substantially formed as a circle around the centroid of the opening area of each cell  
30 end. In a situation such as this, a non-uniform arrangement of the slurry which enters the passageway holes can be eliminated by the subsequent steps.

According to a twenty-first aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the film can be a resin film or a sheet of wax. As described above, the resin film can be produced from a thermoplastic synthetic resin, for example. The sheet of wax can be produced from a wax of a paraffin group.

5

According to a twenty-second aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes are preferably formed by using a beam of high energy density in a manner such that the beam of high energy density is first irradiated on to the centre of each passageway hole and the diameter of the passageway hole is progressively enlarged to the desired size whilst the position of radiation is moved relatively in the form of a spiral.

10

In this situation, the passageway holes can be formed cleanly without any residue of the removed film. Furthermore, the beam of high energy density which is radiated in this situation has a comparatively low energy density and a smaller diameter than the desired passageway holes. Consequently, the beam of high energy density is prevented from reaching the other end of the cell. Consequently, any damage to the film which may already be applied to the other end is prevented.

15

According to a twenty-third aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes are preferably selected so that the position of irradiation with the beam of high energy density is fixed, whilst the honeycomb structure body is moved so that the desired position is irradiated by the beam of high energy density. When irradiating with the beam of high energy density, it must be possible to move the emitter device of a beam of high energy density and/or the honeycomb structure body in relation to each other; this is different from case to case.

20

25

With a situation such as this, the device for radiating of the beam of high energy density has a very high accuracy and is always heavier than the honeycomb structure body. Therefore, the use of an apparatus for moving the honeycomb structure body rather than the use of an apparatus for moving the device for radiating a beam of high

30

energy density makes a contribution to reducing the construction costs and to improving the stability of the apparatus.

5 According to a twenty-fourth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the image processing device preferably produces the positional information of the cell ends in a manner such that the end face of the honeycomb structure body is segmented into a multiplicity of blocks, wherein for each block the image data are collected for a region which contains said block and a section which is duplicated with at least part of an adjacent block, and that the image  
10 data for all the blocks are combined by superimposing the duplicated areas in order thereby to produce positional information on the cell ends for the entire end face.

In this situation, each unit of the image data collected by the image processing device can be reduced by segmentation into blocks. Consequently, the accuracy of all the  
15 image data can be improved. Furthermore, all the image data are collected in a manner such that they contain data on a section which is duplicated with an adjacent block, as described above. Consequently, the image data can be formed accurately for the entire end face of the honeycomb structure body by superimposing the duplicated sections, whereby accurate positional information can be obtained for each cell end.

20 According to a twenty-fifth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the image processing device preferably collects the image data using a camera disposed in a fixed position, whilst the honeycomb structure body is moved in order to locate each block in succession within  
25 the field of view of the camera.

When collecting image data from each block, the camera and the honeycomb structure body have to be moved in relation to each other. In a situation such as this, the construction costs can be reduced and the device stability can be further improved if it  
30 is the honeycomb structure body which is made movable rather than the device which includes the very accurate camera. Furthermore, the honeycomb structure body can be moved between a fixed beam source of a high-energy beam and a fixed camera unit. In a situation such as this, a multiplicity of steps can be automated in a simple manner.

According to a twenty-sixth aspect of the invention, a process for producing a ceramic honeycomb structure is provided in which the passageway holes are preferably formed for each block, and in the presence of a block which is removed from any adjacent block directly after the complete formation of the passageway holes for a given block, the passageway holes are preferably formed for the removed block. Consequently, any deformation due to the thermal distortion of the film can be suppressed more strongly than when adjacent blocks are processed continuously.

### Example 1

A process for producing a ceramic honeycomb structure according to one embodiment of the present invention will be described with reference to Figures 1 to 4.

As shown in Figure 14, in this example a process is provided for producing a ceramic honeycomb structure 8 for the support of a gas purifier of a vehicle, in which some cell ends are closed at an their end faces.

As shown in Figure 1, after producing a honeycomb structure body 86 in which all the cell ends are open at an end face, part of the cell ends 82 at the end face of the honeycomb structure body 86 is closed by applying a transparent or light-transmitting resin film 2 to the end face 861 of the honeycomb structure body in order to cover the cell ends 82. As shown in Figure 2, the section of the resin film which is situated at the cell ends 82 to be closed is then thermally liquefied 2 or burned out in order thereby to form passageway holes 20 there. As shown in Figure 4, the end face 861 is immersed in a slurry 60 which contains an end face closure material, and the slurry 60 is caused to enter the cell ends 82 through the passageway holes 20, and thereafter the slurry 60 is hardened whilst the resin film 2 is simultaneously removed.

In this example, the honeycomb structure body 86 was produced by an extrusion operation. In particular, a long cylindrical honeycomb structure comprising many rectangular cells is produced using a ceramic material which forms a cordierite, and is

cut to a predetermined length in order thereby to form the honeycomb structure body 86. The cell ends of 82 of the honeycomb structure body 86 are all open at the two end faces 861, 862.

- 5 As shown in Figure 1, a resin film 2 is applied over the entire end face 861. In this embodiment, a thermoplastic resin film is used which has a total thickness of 110  $\mu\text{m}$ , and one face of which is coated with an adhesive.

10 In this example, the section of the resin film 2 which is situated at the cell ends 82 to be closed is then thermally liquefied or is burned out using a passageway hole formation apparatus 5, in order thereby to form passageway holes 20.

15 As shown in Figure 2, the passageway hole formation apparatus 5 comprises an image processing device 51 for obtaining positional information by the visual identification of the cell ends 82 through the resin film 2 applied to the end face 861, a thermal radiation device 52 for radiating a beam of high energy density (laser beam) 520 on to the resin film 2 and a controller 53 for determining the position of irradiation with the beam 520 of high energy density and for operating the thermal radiation device 52 based on the positional information which is supplied by the image processing device 51.

20 The image processing device 51 comprises a camera unit 511 for taking an image of the end face and an image processing unit 512 for producing image data. Depending on the size of the end face, a multiplicity of camera units 511 can preferably be provided. In this embodiment, however, a single camera unit 511 is provided, which is moved  
25 appropriately for the sequential imaging of a multiplicity of regions.

The thermal radiation device 52 comprises a CO<sub>2</sub> laser emitter 521 and a movement unit 522 with a controller for the CO<sub>2</sub> laser emitter 521 installed therein. A multiplicity of CO<sub>2</sub> laser emitters 521 is preferably employed for improving the efficiency, although  
30 one CO<sub>2</sub> laser unit is used in this example to keep the cost of construction low.

The controller 53 calculates the position and the opening area of each cell end 82 based on the image data recorded by the image processing device 51 and determines the

positions of the passageway holes 20 by determining the positions of the cell ends 82 to be closed. Furthermore, an outline position 22 (Figure 3) is determined in order to cut off the surplus surrounding section of the resin film 2. The resulting information on the positions of the passageway holes and on the outline position is fed to the thermal radiation device 52 in order to control the movement of and the radiation from the CO<sub>2</sub> laser emitter 521.

By using a passageway hole formation apparatus 5 of this construction, as shown in Figure 2, the end face 861 of the honeycomb structure body 86 is first recorded by the camera unit 511 in order thereby to generate image data. The controller 53 then calculates the passageway hole positions and the outline position. In this embodiment, the positions at which the passageway holes are to be formed are determined by forming the sections to be closed in the form of a checkerboard in which adjoining cell ends are alternately open and closed.

As the next step, the honeycomb structure is moved to a position underneath the laser emitter device, or the laser emitter device is moved, and the origin of the coordinates is fixed at the same position each time when the honeycomb structure is positioned directly underneath the camera unit or the emitter device.

In response to a command from the controller 53, the laser beam is emitted sequentially by the CO<sub>2</sub> laser emitter 521, and the passageway holes 20 and the outline position 22 are formed by the resin film 2, which is thus melted and burned out.

As shown in Figure 3, the resin film 2 is consequently formed at the end face of the honeycomb structure body 86, and the surplus section 29 outside the periphery of the outline position is cut off and the passageway holes 20 are formed at the section of the resin film 2 at which the cell ends to be closed are situated.

This process, including the step to applying the resin film 2 as far as the step of forming the passageway holes, is carried out similarly for the other end face of the honeycomb structure body 86. In the process, one of the ends of each cell is closed by the resin film 2 whilst the other cell end is formed with a passageway hole 20.

Each rectangle which is missing part of its periphery is not formed as an open section in the checkerboard pattern, but is completely filled with the closure material.

- 5 The end face 861 is then immersed in the slurry 60 which contains the end face closure material, and the slurry 60 is thereby caused to enter the cell ends through the passageway holes. As shown in Figure 4, an immersion apparatus 6 is used in this example. The immersion apparatus 6 which is shown comprises a handling unit 6 for holding and moving the honeycomb structure body 86, which forms a workpiece, a  
10 liquid container 62 which is filled with the slurry 60 which contains an end face closure material comprising a main component which forms a cordierite after baking, and a controller 63 for controlling the handling unit 61. The controller 63 is connected to a liquid level sensor 631 for detecting the liquid level of the slurry 60.
- 15 As shown in Figure 4, the first step when processing the workpiece with the immersion apparatus 6 consists of placing the honeycomb structure body 86 on a base 64 with its end face to be processed at the bottom. The honeycomb structure body 86 is then held and the handling unit 61 is raised to a predetermined height by a clamping device 611. The handling unit 61 is moved in order to move the honeycomb structure body 86 over  
20 the slurry 60. The handling unit 61 is then lowered in order to immerse the end face of the honeycomb structure body 86 in the slurry 60.

Simultaneously, the controller 63 calculates the depth from the data supplied by the liquid level sensor 631 and calculates the vertical distance travelled by the handling  
25 unit 61, and controls the handling unit in 61 so that the desired depth is obtained.

Consequently, the slurry 60 enters the cell ends 82 through the passageway holes 20 at the end face of the honeycomb structure body 86.

- 30 The operation using the immersion device 6 is then repeated similarly for the other end face of the honeycomb structure body 86.



The honeycomb structure body 86 comprising the cell ends 82 which are impregnated with the slurry 60 is dried and baked.

5 In this manner, the slurry 60 is baked and is solidified to form a closure material 80, in order thereby to form the closed sections 83 whilst the resin film 2 which was hitherto introduced into the end face is simultaneously burned out. A honeycomb structure 8 comprising some closed cell ends can be obtained in this manner.

10 The procedure and mode of action of the present example will now be described.

In this example, as described above, after the resin film 2 has been applied to an end face of the honeycomb structure body 86, the desired section of the resin film 2 is thermally liquefied or burned out so as thereby to form passageway holes. Therefore, the operation is very simple compared with the prior art for forming passageway holes.

15 In this example in particular, a laser beam 520 which forms a beam of high energy density is irradiated on to the resin film 2 to form passageway holes 20. Consequently, the passageway holes 20 can be formed in very simple manner and with high accuracy

Moreover, in this example a passageway hole formation apparatus 5 is used which

20 comprises the image processing device 5 described above. Even if a ceramic honeycomb structure is unavoidably deformed in the course of production, the positions of the cell ends of the end face can therefore be accurately identified. In this embodiment in particular, the use of a transparent or light-transmitting resin film enables the image processing device to be used effectively.

25 In this manner, the automation of the operation which is made possible by using the passageway hole formation apparatus 5 described above is capable of considerably improving the efficiency compared with the conventional manual operation.

30 As has been described above for this example, the process for closing part of the cell ends of the end face of the honeycomb structure can be made more efficient, so that the productivity of the operation for producing a honeycomb structure with a part of its cell ends closed can be considerably improved compared with the prior art

### Example 2

5 In the example described above, the slurry 60 was hardened by being baked simultaneously with the honeycomb structure body 86. In contrast to this, in this second example of the honeycomb structure body 86 is baked before the slurry 60 is caused to enter the cell ends of the honeycomb structure body 86. Furthermore, the slurry 60 is composed of a sealing composition such as Sumiceram (trade name), which  
10 contains ceramics with properties such that they can be hardened after they are introduced by a hardening process comprising drying them for 15 to 20 minutes in air at room temperature and then holding them at 110 to 120°C for one hour.

The further procedure used in this example, and the effects thereof, are similar to those  
15 for the first example.

### Example 3

20 This example constitutes a case in which the shape of the cell ends of the honeycomb structure body 86 is different to that in the first example. As shown in Figure 5, in this third example in particular the cells of the honeycomb structure body 86 are triangular, so that all the cell ends 82 are triangular in shape.

25 In this case also, the closure elements 830 are disposed on part of the cell ends 82, so as thereby to form closed sections 83 by a process similar to those employed in the first and second examples, and effects can be obtained which are similar to those of the first and second examples.

30 Moreover, it should be noted that in the present example the same passageway hole formation apparatus 5 can be used as in the first example. The passageway hole formation apparatus 5 described above can determine, without contact, the position for radiating the beam of high energy density by means of image processing, and is

capable of following, in a simple manner, the change in shape and size of the object to be irradiated. Consequently, the use of the passageway hole formation apparatus 5 can produce a multiplicity of types of honeycomb structures on the same production line 5, whereby the production process is considerably improved.

5

#### Example 4

As shown in Figure 6, this example differs from the first example in that before  
10 applying the resin film 2 to the end face 861 of the honeycomb structure the positions of the cell ends 82 on the end face 861 are identified and positional information is produced for them, and thereafter a laser beam 520 is radiated on to the end face 861 with the resin film 2 applied thereto, in order thereby to form passageway holes 20.

15 As shown in Figure 6, an apparatus is used in this example which has a substantially similar construction to that of the passageway hole formation apparatus 5 of the first example. Components with the same functions are denoted by the same reference numerals in each case.

20 In this example, the image data for the end face 861 of the honeycomb structure 86(a) are collected using the camera unit 511 of the passageway hole formation apparatus 5 described above.

The imaging operation is performed by the camera unit 511 on the end face 861 which  
25 is divided into a multiplicity of blocks. The image data obtained for the various blocks are combined with each other so that positional information for the cell ends 82 is generated for the entire end face 861 in the image processing unit 512.

To record an image of a multiplicity of blocks, the camera unit is fixed in position,  
30 whilst the honeycomb structure body 86(a), which is disposed on a movement unit which is not illustrated, is moved.

The movement unit then moves the honeycomb formation body 86(a) to a position which is indicated by 86(b) in Figure 6. The resin film 2 is applied to the end face 861 of the honeycomb structure body 86(b) in order to cover all the cell ends 82. In this example, the same film is used as in the first example. This film is not necessarily  
5 transparent and can be replaced by another material.

Furthermore, the entire end face 861 does not have to be covered by a single film, but a multiplicity of films can be combined. Depending on the specification of the honeycomb structure to be produced, the entire end face 861 does not need to be  
10 covered, but only part of the end face 861 needs to be covered.

The honeycomb structure body 86(b) is then moved by the movement unit to a position 86(c). When the honeycomb structure 86 is moved, the origin of the positional coordinates of the honeycomb structure 86 is fixed when the latter is situated directly  
15 underneath the CO<sub>2</sub> laser emitter 521 of the thermal radiation device 52 so that it coincides with the origin of the positional coordinates of the honeycomb structure 86 when the latter is directly underneath the camera unit 511.

As in the first example, when the passageway holes 20 are formed, the position which  
20 is to be treated with the laser beam 520 and the size of each passageway hole 20 are determined by a calculation performed by the controller 53 based on the image data recorded by the image processing device 51.

In this example the size of each passageway hole 20 is varied according to the opening  
25 area of the corresponding cell end to be closed.

As shown in Table 1, a specific matrix is prepared comprising the cell end opening area and of the passageway hole size, and the diameter of each passageway hole according to this matrix.  
30

**Table 1**

	Opening area of cell end (mm <sup>2</sup> )	Diameter of passageway hole (mm) o.d.)
5	not more than 0.64	0.6
	0.64-1.0	0.8
	1.0-1.4	1
	1.4-1.96	1.2
10	1.96-2.56	1.4

The laser beam 520 is radiated so that the passageway holes 20 are formed sequentially.

- 15 When forming a given passageway hole 20, the laser beam 520 is first directed towards the centre of the defined, subsequent passageway hole 20, and then the position of irradiation is moved relatively in the form of a spiral in order gradually to increase the diameter of the passageway hole to the desired size. In this manner, substantially circular passageway holes 20 are formed around the centroid of the opening area of each cell end.

The passageway holes 20 are formed by this procedure, and the diameter of the laser beam 520 is therefore as small as possible in the desired manner. In this example, the diameter of the laser beam 520 is 0.1 mm. Furthermore, the intensity of the laser beam 25 520 is preferably the necessary minimum required for burning out the resin film 2. In this example, the output is fixed at 3 to 5 W.

In this process, the laser beam 520 is radiated on to the desired position because the position which is irradiated with the beam of high energy density is fixed whilst the 30 honeycomb structure body 86(c) is moved by the movement unit.

The passageway holes 20 at the other end face of the honeycomb structure body 86 are then formed in a similar manner. Thereafter, the process which causes the slurry to enter the cell ends, drying and baking are then carried out as in the first example.

5 In this example the cell ends 86 can be observed directly if the positional information for the cell ends 86 is obtained by the image processing device described above. Compared with the first example, in which the image is recorded through the resin film 2, more accurate data can therefore be obtained. Consequently, the positions at which the passageway holes 20 are formed can be calculated with a higher accuracy.

10

In this example, the size of each passageway hole 20 is varied according to the opening area of the corresponding cell end 82. Consequently an appropriate amount of slurry can be supplied corresponding to the opening area of each cell end 82, whereby it is possible to reduce the differences in thickness between the closed sections 83.

15

Moreover, each passageway hole 20 is formed as a circle, because the laser beam 520 is first radiated around the centroid of the opening area of the subsequent cell end and therefore the slurry can be introduced uniformly.

20 Furthermore, the laser beam 520 is first directed on to the centre of the subsequent passageway hole 20, and then the position of the irradiation is moved relatively in the form of a spiral so that the diameter of the passageway hole 20 is gradually increased to the desired size. In this manner, the resin film 2 which has hitherto been present at the passageway hole 20 can be reliably burned out without leaving any residue.

25

In this example, the positions of the camera unit 51 and of the CO<sub>2</sub> laser emitter 521 are fixed, whilst the honeycomb structure body 86 is moved relatively by a movement unit which is not shown. In this manner, firstly the construction cost of the entire system can be reduced, and secondly the stability is improved.

30

The other aspects have the same effects as in the first example.

**Example 5**

5 This example differs from the first and the fourth examples in that, as shown in Figure 7, before applying the resin film 2 to the end face 861 of the honeycomb structure the positions of the cell ends 82 of the end face 861 are identified in order to generate positional information, and thereafter the passageway holes 20 are formed in the resin film. The resin film is then applied to the end face 861 of the honeycomb structure.

10 As shown in Figure 7, a passageway hole formation apparatus 5 of substantially similar construction to the passageway hole formation apparatus 5 which was used in the first example is also used in this example. As for the fourth example, components which perform the same function are denoted by the same reference numerals.

15 In example, as in the fourth example, the first step is the generation of positional information for all the cell ends using the image processing device 51 of the passageway hole formation apparatus 5.

20 As shown in Figure 7, in this example the resin film is then extended horizontally in a roll and is irradiated by the laser beam 520 which is emitted by the CO<sub>2</sub> laser emitter 521 in order thereby to form passageway holes 20. In this process, the relative movement of the laser emitter 521 and of the resin film 2 is effected by moving the CO<sub>2</sub> laser emitter 521, whilst the resin film is fixed in position.

25 Furthermore, the origin of the positional coordinates of the honeycomb structure 86 is fixed when the latter is directly underneath the camera unit 511 so that at the optimum position it corresponds to the origin of the positional coordinates of the horizontally extended resin film 2.

30 As the next step in this example, the resin film which is provided with passageway holes 20 is cut to a predetermined length and is applied manually to the end face 861 of the honeycomb structure body 86. Thereafter, the extraneous section of the resin film 2 is cut off. This operation is also performed for the other end face of the honeycomb

structure body 86. The other aspects are similar to the corresponding aspects of the fourth example.

In this example, the passageway holes 20 are formed independently in the resin film 2.

5 Consequently, there is no risk of the laser beam 520 irradiating the honeycomb structure body 86 beams or of it burning out the resin film 2 which is already disposed at the other end. Consequently, the operation for forming the passageway holes 20 can be performed in a simple manner. .

10 The other procedures and effects are similar to the corresponding procedures and effects of the fourth example.

### Example 6

15

This example describes a process for processing the image data of the image processing device 52 for the first, fourth and fifth examples.

20 As shown in Figure 8, in this example the positional information for the cell ends 82 is produced in the image processing device 51 by segmenting the region which contains the end face 861 of the honeycomb 86 into blocks S1 to S9. As shown in Figures 9 and 10, image data for each block are collected for the region which contains the section which is duplicated with at least part of an adjacent block.

25 As shown in Figure 9, the outline of block S1 in particular is rectangular and is defined by boundary lines R11 to R14. Secondly, the outline of block S2 is also rectangular and is defined by boundary lines R21 to R24. Similarly, the outline of block Sn is rectangular and is defined by boundary lines Rn1 to Rn4.

30 Consequently, the boundary between adjacent blocks always comprises a section which is duplicated in two adjacent blocks. For example, the boundary between blocks S1 and S2 has a duplicated section S12 which forms part of both blocks S1 and S2. Similarly, the boundary between blocks S1 and S6 has a duplicated section S16 which forms part



of both blocks S1 and S6. As shown in Figure 9, when collecting image data for block S1 the image data which are collected include those for the duplicated sections S12 and S16.

- 5 As shown in Figure 10, the image data for block S2 are also collected from the duplicated sections S12, S25 between blocks S1 and S5 and from the section which is duplicated with block S3, which is not shown.

10 Similarly, the image data for the other blocks S3 to S9 are also collected from the sections which are duplicated with adjacent blocks.

As the next step, the image processing unit 512 combines the image data for blocks S1 to S9 by superimposing the duplicated sections thereof and thus generates the positional information for the cell ends for the entire end face. In this process, all the  
15 image data are fixed with respect to their position by accurately superimposing the images of the same cell ends 82 which are present in the duplicated sections. Various methods which are based on specific algorithms are used for this purpose.

20 When using this process for the collection of image data, positional information can be obtained with very high accuracy.

In particular, the image data obtained by a single camera are such that the sections remote from the image centres are viewed diagonally. The information obtained is therefore more accurate the narrower is the field of view. Furthermore, the cells of the  
25 honeycomb structure are of small size and determining the area thereof is very important, so that image data of very high accuracy are necessary.

For this reason, a multiplicity of image data which are each collected from a comparatively small field of view can efficiently be combined.  
30

In this example, the accuracy with which the image data are combined with each other can be improved in particular by producing image data which contain the duplicated sections, as described above. Consequently, the positional information for the cell ends

82 can be determined very accurately for the entire end face of the honeycomb structure body.

5

### Example 7

A process for producing a ceramic honeycomb structure according to a seventh example of the invention will be described with reference to Figures 3, 4, 6, 11(a) to 11(d), 12 and 13.

10

As shown in Figures 14(a) and 14(b), in this example a process is provided for producing a ceramic honeycomb structure 8 intended for the support of an exhaust gas cleaning system of a vehicle, wherein all the cell ends at the end faces of the honeycomb structure 8 are closed.

15

As shown in Figure 11(a), in this example a honeycomb structure body 86 is produced in which all the cell ends 82 at the two end faces thereof are open.

20

As shown in Figure 11(a), a transparent resin film 2 is applied in order to cover an end face 861 of the honeycomb structure body 86. As shown in Figure 11(b), sections of the resin film 2 corresponding to the cell ends 82 to be closed are then melted or burned out by treating them with a beam of high energy density, whereby passageway holes 20 are formed.

25

As shown in Figure 11(c), in the next step the honeycomb structure body is placed on a base 49 (Figure 12) with the end face 861 with the resin film 20 applied to it facing upwards and the other end face 862 facing downwards. Masking powder 4 is then supplied through the passageway holes 20 of the resin film 2 and is disposed at the cell ends of the other end face 862. The masking powder 4 which is disposed in this manner is hardened in order thereby to form masked sections 40.

30

Thereafter, the end faces 861, 862 are immersed in the slurry 60 which contains an end face closure material. In this manner, the slurry 60 is caused to enter the cell ends 82 of

the end face with the resin film 2 applied thereto through the passageway holes 20, and is caused to enter the cell ends of the end face with the masked sections 40 through the openings in which there are no masked sections 40. The slurry 6 is then hardened whilst the masked sections and the resin film 2 are simultaneously removed.

5

In this example, the honeycomb structure body 86 is produced by an extrusion casting operation. In particular, a long, cylindrical honeycomb structure which comprises many rectangular cells is produced from a ceramic material which forms a cordierite, and is cut to a predetermined length in order thereby to form the honeycomb structure body 86. All the cell ends 82 of the honeycomb structure body 86 are open at the end faces 861, 862.

10

As shown in Figure 11(a), the resin film 2 is next applied completely to one end face 861. In this example, a thermoplastic resin film is used which has a total thickness of 110  $\mu\text{m}$  and which is coated with an adhesive on one of its faces.

15

As shown in Figure 2, in this example the sections of the resin film 2 corresponding to the cell ends 82 to be closed are melted or burned out by a beam of high energy, wherein the passageway hole formation apparatus 5 described in the first example is used in order thereby to form passageway holes 20.

20

As shown in Figure 2, the passageway hole formation apparatus 5 comprises an image processing device 51 for producing positional information by visually identifying the positions of the cell ends 82 through the resin film 2 applied to the end face 861, a thermal radiation device 52 for radiating a beam of high energy density (a laser beam) on to the resin film 2, and a controller 53 for determining the position of irradiation of the beam 520 of high energy density and consequently for operating the thermal radiation device 52 on the basis of the positional information supplied by the image processing device 51.

25

30

The image processing device 51 has a camera unit 511 for recording an image of an end face, and an image processing unit 512 for producing image data. Depending on the size of the defined end face, a multiplicity of camera units 511 may preferably be

provided. In this example, however, a single camera unit 511 is employed and is moved appropriately in order to depict a multiplicity of regions sequentially.

5 The thermal radiation device 52 comprises a CO<sub>2</sub> laser emitter 521 and a movement unit 522 comprising a controller for the CO<sub>2</sub> laser emitter 521 which is installed therein. In this example, one CO<sub>2</sub> laser emitter 521 is used to reduce the cost of construction, even though the use of a multiplicity of CO<sub>2</sub> laser emitters 521 would improve the efficiency.

10 The controller 53 calculates the position and the opening area of each cell end 82 based on the taken image data recorded by the image processing device 5, and determines the positions of the cell ends 82 to be closed in order thereby to determine the positions at which the passageway holes 20 are to be formed. It also determines the outline position 22 (Figure 3), in order to cut off the surplus surrounding section of the resin film 2.  
15 This information on the passageway hole formation positions and the outline position is fed to the thermal radiation device 52 in order thereby to control the movement of and the radiation from the CO<sub>2</sub> laser emitter 521.

As shown in Figure 2, in this embodiment the image data are produced, using the  
20 passageway hole formation apparatus 5, by photographing the end face 861 of the honeycomb structure body 86 with the camera unit 511. The controller 53 then calculates the passageway hole formation positions and the outline position. In this example, the positions at which the passageway holes are to be formed are determined by forming a checkerboard pattern of the comprising alternate open and closed ends of  
25 adjacent cells. As the next step, the honeycomb structure is moved to a position underneath the laser emitter device, or the emitter device is moved, wherein when the honeycomb structure is directly underneath the camera unit the origin of the system of coordinates is fixed so that it corresponds to the origin of the system of coordinates when the honeycomb structure is underneath the emitter device.

30

Based on commands from the controller 3, the laser beam 520 is radiated sequentially by the CO<sub>2</sub> laser emitter 521, and the resin film 2 is liquefied or is burned out, in order thereby to form the passageway holes 20 and the outline position 22.

As shown in Figure 3, the resin film 2 comprising the surplus edge section 29 which is to be cut off is consequently outside the outline position 2, and the resin film comprising the passageway holes 20 which are formed corresponding to the cell ends to be closed is disposed at the end face of the honeycomb structure body 86.

The rectangles which do not have an edge section are not contained in the checkerboard pattern, but are filled with the closure material.

As shown in Figure 12, the honeycomb structure body 86 is then placed on a base 49 with its end face 861 with the resin film 20 facing upwards and the other end face 862 facing downwards. In this process a protective film 48, which is selected so that it does not become joined to the masking powder 4 within the timescale of hardening of the latter, is laid on the upper surface of the base 49, and the honeycomb structure 86 is placed on the protective film 49. A heating apparatus is used as the base 49.

The masking powder 4 used in this example contains, in parts by weight in each case, 55 parts of an epoxy resin which forms a thermally hardening resin powder, 45 parts of high-density polyethylene which forms a thermoplastic resin powder, 3 parts of Microsphere (trade name) which form a foaming agent and two parts of a surface-active material which forms a fluidity enhancer.

The masking powder 4 is supplied through the passageway holes 20 of the resin film 2 and is disposed at the cell ends of the other end face 862.

The masking powder 4 is then heated by the base 49, which serves as a heating apparatus. As shown in Figure 13, the masking powder 4 is consequently melted and hardened in order to form the masked sections 40.

The next step consists of immersing the end face 861 in the slurry 60 which contains an end face closure material, so that the slurry 60 is caused to enter the cell ends of the passageway holes. As shown in Figure 4, in this example an immersion device 6 is used for this purpose. As shown in Figure 4, the immersion device 6 comprises a

handling unit 61 for holding and moving the honeycomb structure body 86 which is a workpiece, a liquid container 62 for receiving the slurry 60 which contains the end face closure material, which itself consists itself of a main material which is provided for the formation of a cordierite after baking, and a controller 63 for controlling the  
5 handling unit 6. The controller 63 is connected to a liquid level sensor 631 for detecting the liquid level of the slurry 6.

When performing the operation with the immersion device 6 shown in Figure 4, the honeycomb structure body 86 is first placed on the base with its end face to be  
10 processed at the bottom. The honeycomb structure body 86 is then held and is raised to a predetermined height by the clamping apparatus 611 of the handling unit 6, and the handling unit 6 is moved in order thereby to move the honeycomb structure body 86 to a position above the slurry 60. The handling unit 6 is lowered in order to immerse the end face of the honeycomb structure body 86 in the slurry 60.

15 In this process, the controller 63 calculates the depth of immersion from the data of the liquid level sensor 631 and from the vertical distance travelled by the handling unit 6, and controls the handling unit 6 such that the desired depth of immersion is obtained.

20 Consequently, the slurry 60 enters the cell ends of the passageway holes at the end face 861 of the honeycomb structure body 86 which comprises the passageway holes 20, through the passageway holes 20. The operation is then carried out using a similar immersion device 6 at the other end face 862 of the honeycomb structure body 86. In this case, the slurry 60 enters the cell ends through the openings which have no masked  
25 sections 40.

The liquid component of the slurry 60 which has entered each cell end 82 is dispersed in the partition walls 81 and is solidified with an elevated solid material concentration. Thereafter, the honeycomb structure body 86 is baked.

30 In this manner, the slurry 60 is baked and is solidified to form a closure material 830 which forms each closed section 83. At the same time, the resin film 2 applied to the end face 861 and the masked sections 40 disposed at the other end face 862 are burned

out. Consequently, a honeycomb structure 8 is obtained, part of the cell ends 82 of which is closed.

The procedure and the effects of the present example will now be described.

5

In this example, the prior art process of introducing a wax and of scraping off part of the latter during the step of masking the two end faces of the honeycomb structure body 86 is dispensed with. In particular, the passageway holes 20 can be formed in a simple manner by heating the end face 861 at which the passageway holes 20 are to be formed  
10 in the resin film 2. Therefore, no object is necessary which has to be physically removed, whereby the operation is considerably simplified.

Furthermore, the masking powder 4 can be supplied in a simple manner by using the resin film 2 only at the sections of the other end face 862 which have to be masked.  
15 The masked sections 40 can be formed very simply by subsequent hardening of the masking powder 4.

For this reason, the masking step can be considerably improved compared with the prior art, whereby it is possible to reduce the working time, the number of steps and the  
20 production cost.

In this example, moreover, the laser beam 520, which is a beam of high energy density, is irradiated on to the resin film 2 in order thereby to form the passageway holes 20. Consequently, the passageway holes 20 can be formed accurately and very simply.  
25

In addition, in this example the use of the passageway hole formation apparatus enables the positions of the cell ends to be determined accurately, even at an end face of a ceramic honeycomb structure which is unavoidably sensitive to deformation in the course of production. In this example, in which a transparent or light-transmitting resin  
30 film is used, the image processing device 51 described above can be used particularly effectively.

By automating the operation of forming passageway holes using the passageway hole formation apparatus 5 described above, the efficiency can be considerably improved compared with the conventional manual operation.

5 Furthermore, the masking powder 4 can be supplied accurately at the requisite positions using the passageway holes 20 in the resin film 2, whereby the problem of defective masking of the two ends of a given cell is completely eliminated. It is therefore possible to produce a honeycomb structure 86 of high quality.

10 As described above in relation to the production process used in this example, the process for closing part of the cell ends at the two end faces of the honeycomb structure 86 can be made more efficient, and therefore the productivity of the honeycomb structure 86 can be considerably improved compared with that of the prior art.

15

### Example 8

In the seventh example described above, the slurry 60 was hardened by being baked simultaneously with the honeycomb structure body 86. In contrast to this, in the eighth  
20 example the honeycomb structure body 86 was baked before the slurry 60 entered the cell ends of the honeycomb structure body 86. Moreover, the slurry 60 was formed from a sealing composition such as Aronceramic (trade name), which contains a ceramic which after being supplied could be hardened by treating it for 15 to 20 minutes in air at room temperature and for one hour at 110 to 120°C.

25

In this case also, functions and effects are obtained which are similar to those obtained in the seventh example.

30

### Example 9

In this example, the cell shape of the honeycomb structure body 86 is different to that of the seventh example. As shown in Figure 5, the cells of the honeycomb structure



body 86 are of triangular shape in this example, so that the cell ends 82 are triangular in shape.

5 In this case also, the closed sections 83 can be formed by disposing the closure elements 830 at part of the cell ends, and functions and effects which are similar to those of the seventh and the eighth examples can be obtained by the same process as that used in the seventh and eighth examples.

10 It should also be mentioned that in this example the same passageway hole formation apparatus 5 can be used as in the seventh example. The passageway hole formation apparatus 5 described above can determine the position of irradiation of the beam of high energy density in a contactless manner by image processing, whereby it is possible to monitor the shape and size of the irradiated object in a simple manner. Moreover, the masked sections 40 on the other end face can be formed in simple  
15 manner at accurate positions, provided that the passageway holes 20 are accurately formed in the resin film 2. Consequently, the use of the passageway hole formation apparatus described above can produce a multiplicity of types of honeycomb structures on the same production line, whereby a considerable increase in the efficiency of the process is achieved.

20 A process for producing a honeycomb structure and a passageway hole formation apparatus which is used for the production of the honeycomb structure are disclosed, wherein the step of closing part of the cell ends at an end face of the honeycomb structure is made more efficient. When closing part of the cell ends 82 at the end face  
25 861 of a honeycomb structure body 86, a film 2 which covers the cell ends 82 is applied to the end face 861 of the honeycomb structure body 86. The section of the film 2 which is situated at the cell ends 82 to be closed is thermally liquefied or burned out, in order thereby to form passageway holes 20. The end face 861 is immersed in a slurry which contains an end face closure material, so that the slurry is caused to enter the cell  
30 ends 82 through the passageway holes 20. Thereafter, the slurry is hardened whilst the resin film 2 is simultaneously removed.

**Claims**

1. A process for producing a ceramic honeycomb structure, part of the cells of which, which are situated at an end face of the honeycomb structure, are closed,  
5 wherein the process comprises the following steps:  
fabricating a honeycomb structure body with open cell ends at the end faces, and  
closing part of the cell ends on an end face of the honeycomb structure body, wherein  
the step for closing the cell ends comprises the following subsidiary steps:  
applying a film to the end face of the honeycomb body so that at least part of the cell  
10 ends is covered,  
forming passageway holes by thermally liquefying or burning out the film which is  
situated at the cell ends to be closed,  
immersing the end face in a slurry which contains an end face closure material, in order  
thereby to cause the slurry to enter the cell ends through the passageway holes, and  
15 hardening the slurry whilst the film is simultaneously removed.
2. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 1,  
wherein the passageway holes are formed in the film by irradiating the film with a  
beam of high energy density, so as thus to liquefy or burn out the film.  
20
3. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 2,  
wherein a transparent or light-transmitting film is used and the positions which are to  
be irradiated by the beam of high energy density are determined based on positional  
information on the cell ends which can be obtained by an image processing device for  
25 the visual identification of the positions of the cell ends through the film applied to the  
end face of the honeycomb structure body.
4. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 2,  
wherein the beam of high energy density is a laser beam.  
30
5. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 3,  
wherein the beam of high energy density is a laser beam.

6. A process for producing a ceramic honeycomb structure, of which part of the cell ends situated at the end faces of the ceramic honeycomb structure is closed, wherein the process comprises the following steps,:
- 5 fabricating a honeycomb structure body, all the cell ends of which at the end faces are open;
- applying a transparent or light-transmitting resin film so that one of the end faces of the honeycomb structure body is covered;
- forming passageway holes by irradiating with a beam of high energy density, whereby the resin film situated at the cell ends to be closed is liquefied or burned out,
- 10 placing the honeycomb structure body on a base, wherein the end face with the resin film applied thereto is at the top and the other end face is at the bottom;
- feeding masking powder through the through the passageway holes of the resin film, and
- disposing the masking powder at the cell ends of the other end face;
- 15 forming masked sections by hardening the disposed masking powder;
- immersing each end face in a slurry which contains an end face closure material, and causing the slurry to enter the cell ends through the passageway holes at the end face with the resin film applied thereto, and through openings in which there are no masked sections at the end face with the masked sections; and
- 20 hardening the slurry whilst simultaneously removing the resin film and the masked sections.
7. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 6, wherein the positions which are to be irradiated by the beam of high energy density are
- 25 determined based on positional information on the cell ends which are obtained by an image processing device for the visual identification of the positions of the cell ends through the film applied to the end face of the honeycomb structure body.
8. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 6,
- 30 wherein the beam of high energy density is a laser beam.
9. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 6, wherein the masking powder contains a thermally hardening resin powder.

10. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 9, wherein the resin powder contains a resin powder with a different liquefying point to that of the thermally hardening resin powder.
- 5 11. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 9, wherein the masking powder contains a foaming agent.
- 10 12. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 9, wherein the masking powder contains a fluidity enhancer in order to increase the fluidity during the period of feeding the masking powder.
- 15 13. A passageway hole formation apparatus for forming passageway holes at desired positions of cell ends in a transparent or light-transmitting film which is applied in order to cover at least part of the open cell ends of an end face of a honeycomb structure, wherein the apparatus comprises the following:  
an image processing device for obtaining positional information by visually identifying the positions of the cell ends through the film applied to the end face;  
a thermal radiation device for emitting a beam of high energy density on to the film;  
20 and  
a controller for determining the positions to be irradiated with the beam of high energy density, in order thereby to operate the thermal radiation device based on positional information supplied by the image processing device.
- 25 14. A passageway hole formation apparatus according to claim 13, wherein the beam of high energy density is a laser beam.
- 30 15. A process for producing a ceramic honeycomb structure, part of the cell ends of which is closed at an end face of the ceramic honeycomb structure, wherein the process for closing part of the cell ends at the end face of a honeycomb structure body which is produced with open cell ends at an end face comprises the following steps:  
obtaining positional information on the cell ends by using an image processing device for identifying the positions of the cell ends;

applying a film to the end face of the honeycomb structure body so that at least part of the cell ends is covered;

forming passageway holes by thermally liquefying or burning out sections of the film situated at the cell ends to be closed, based on the positional information;

- 5 immersing the end face in a slurry which contains an end face closure material in order thereby to cause the slurry to enter the cell ends through the passageway holes; and hardening the slurry whilst the film is simultaneously removed.

- 10 16. A process for producing a ceramic honeycomb structure, part of the cell ends of which is closed at an its end faces, wherein the process for closing part of the cell ends at the end face of the honeycomb structure which is produced with open cell ends at an end face comprises the following steps:

obtaining positional information on the cell ends by using an image processing device for identifying the positions of the cell ends;

- 15 forming passageway holes by thermally liquefying or burning out sections of the film situated at the cell ends to be closed, based on the positional information;

applying a film to the end face of the honeycomb structure body and arranging the passageway holes on the cell ends to be closed;

- 20 immersing the end face in a slurry which contains an end face closure material, and causing the slurry to enter the cell ends through the passageway holes; and hardening the slurry whilst the film is simultaneously removed.

- 25 17. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 15, wherein the passageway holes of the film are formed by irradiating a beam of high energy density on to the film in order thus to liquefy or burn out the film.

- 30 18. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 16, wherein the passageway holes of the film are formed by irradiating a beam of high energy density on to the film in order thus to liquefy or burn out the film.

19. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 17, wherein the beam of high energy density is a laser beam.

20. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 1, wherein the passageway holes are formed in the film by bringing a heated template into contact with the film and liquefying or burning out the film.
- 5 21. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 15, wherein the passageway holes are formed in the film by bringing a heated template into contact with the film and liquefying or burning out the film.
- 10 22. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 16, wherein the passageway holes are formed in the film by bringing a heated template into contact with the film and liquefying or burning out the film.
- 15 23. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 1 or any one of claims 15 to 22, wherein the size of each passageway hole which is formed in the film applied to the cell ends is altered corresponding to the opening area of each cell end.
- 20 24. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 1 or any one of claims 15 to 23, wherein the passageway holes are substantially formed around the centroid of the opening area of each cell end.
- 25 25. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 1 or any one of claims 15 to 24, wherein the film is a resin film or a sheet of wax.
- 30 26. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claims 2 or 17, wherein the passageway holes are formed using a beam of high energy density in a manner such that the beam of high energy density is first irradiated on to the centre of each passageway hole and the position of radiation is moved relatively in the form of a spiral in order to enlarge the diameter of the passageway hole to the desired size.
27. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claims 2 or 17, wherein the passageway holes are formed in a manner such that the position of radiation of the beam of high energy density is fixed, whilst the honeycomb structure

body is moved in order to irradiate the beam of high energy density on to the desired position.

28. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 3,  
5 wherein the image processing device produces the positional information of the cell ends in a manner such that  
the end face of the honeycomb structure body is segmented into a multiplicity of blocks, wherein for each block the image data are collected for a region which contains said block and a section which is duplicated with at least part of an adjacent block, and  
10 that the image data for all the blocks are combined by superimposing the duplicated areas in order thereby to produce positional information on the cell ends for the entire end face.

29. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 15,  
15 wherein the image processing device produces positional information on the cell ends in a manner such that  
the end face of the honeycomb structure body is segmented into a multiplicity of blocks, wherein for each block the image data are collected for a region which contains said block and a section which is duplicated with at least part of an adjacent block, and  
20 that the image data for all the blocks are combined by superimposing the duplicated areas in order thereby to produce positional information on the cell ends for the entire end face.

30. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 28,  
25 wherein the image processing device collects the image data using a camera disposed in a fixed position, whilst the honeycomb structure body is moved, in order to dispose each block sequentially within the region of a field of view of the camera.

31. A process for producing a ceramic honeycomb structure according to claim 28,  
30 wherein the passageway holes are formed for each block, and if, after the complete formation of the passageway holes for a given block, a block is present which is removed from any adjacent block, the passageway holes are formed for the removed block.

---

13 pages of drawings herewith

---



Legends to drawing sheets:

DRAWINGS, PAGE (No.)

Number:

**DE 101 22 939 A1**

Int. Cl.<sup>7</sup>:

**B 28 B 11/24**

5

Date laid open

to public

inspection:

29 November 2001